

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería civil Industrial



Propuesta de mejora para el control de inventario caso

“Departamento de estructuras y materiales”

Por

Karina Nicole Jara Sanhueza

Alfonso Antonio Tapia Contreras

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Daniel Miranda Sala

Noviembre, 2018

Dedicatoria

A la universidad y a nuestros profesores, los cuales fueron nuestros guías en un nuevo reto que decidimos tomar, sacando lo mejor de cada uno y potenciando nuestro ámbito profesional.

A nuestras familias y a nuestros amigos los que nos apoyaron y nos hicieron creer en nosotros mismos, con cada palabra de aliento y con cada empujón.

Dedicada de manera especial a mi padre Carlos, mi principal fuente de inspiración y superación.

Karina Nicole Jara Sanhueza

A los académicos que nos entregaron las herramientas para enfrentar las distintas situaciones que encontraremos a lo largo de nuestra carrera profesional e incluso personal y a los funcionarios de la Universidad que cada día permiten que todo esto sea posible con su ayuda y gestión.

A nuestro círculo de amigos y familia que son quienes nos ven dedicando horas en nuestra preparación profesional, incluso alentándonos a mejorar cada día más.

Alfonso Antonio Tapia Contreras

Agradecimientos

Este proceso de mi vida fue posible gracias al apoyo de mis padres, Carlos y Barbara los que me hicieron ser la persona que soy hoy en día, siempre me motivaron a cumplir mis metas y a desarrollarme profesionalmente. También agradecer a mis hermanos Evelyn, Alejandro y Catherine que estuvieron presentes en todo mi proceso, apoyándome y alentándome a no rendirme nunca.

A mi pareja Nelson quien ha sido un pilar fundamental en todo este proceso, apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida, brindándome su amor y contención., lo cual me ayudo a crecer a nivel personal y profesional, además agradecer de corazón a cada persona que fue parte de este proceso amigos y familiares.

Karina Nicole Jara Sanhueza

Quiero agradecer aquellas personas que me apoyaron desde el momento en que tuve la idea de comenzar esta etapa, en especial a mis hermanas quienes fueron parte importante desde el comienzo.

También quiero expresar particularmente el agradecimiento a mi madre de quien tuve el apoyo constante durante toda mi vida y quien fue pilar fundamental en el desarrollo de la persona que he logrado ser hasta el día de hoy.

A mi abuela que siempre me acompañó en los momentos en donde el resultado exitoso era poco probable y mi abuelo de quien rescato el esfuerzo y empeño que le dedico a cada idea.

A mi pareja y compañera Javiera, quien ha sido testigo, pero a su vez apoyo indispensable en los momentos más complicados, así como en aquellos de mayor alegría.

A mis amigos y amigas, quienes me ayudaron a mantener la persistencia en esta etapa con sus distintas palabras o simplemente con su compañía.

Alfonso Antonio Tapia Contreras

Índice

| | |
|--|----|
| Dedicatoria..... | 2 |
| Agradecimientos | 3 |
| Lista de figuras | 7 |
| Lista de tablas | 8 |
| Lista de gráficos..... | 9 |
| Resumen | 10 |
| Capítulo 1: Descripción de la empresa | 11 |
| 1.1 Acuerdo de confidencialidad | 11 |
| 1.2 Prestación de servicios | 11 |
| Capítulo 2: Descripción del problema | 14 |
| 2.1 Introducción | 14 |
| 2.2 Antecedentes del problema | 14 |
| Capítulo 3: Objetivos | 18 |
| 3.1 Objetivo general | 18 |
| 3.2 Objetivos específicos | 18 |
| 3.3 Alcances y restricciones..... | 19 |
| 3.4 Resultados esperados | 19 |
| Capítulo 4: Metodología | 20 |
| 4.1 Introducción | 20 |
| 4.2 Metodología | 21 |
| Capítulo 5: Marco Teórico..... | 23 |
| 5.1 Inventario | 23 |
| 5.1.1 Propósitos del inventario | 23 |
| 5.1.2 Costos de inventario | 24 |
| 5.1.3 Gestión de inventario..... | 25 |
| 5.1.4 Cantidad económica a pedir (EOQ) | 26 |
| 5.1.5 Sistemas de control de inventario..... | 27 |
| 5.2 Clasificación ABC | 34 |
| 5.3 Pronóstico de la demanda | 36 |

| | |
|---|----|
| 5.3.1 Promedio móvil simple | 37 |
| 5.3.2 Promedio móvil ponderado | 38 |
| 5.3.3 Suavización exponencial | 39 |
| 5.3.4 Regresión Lineal..... | 40 |
| 5.3.5 Error de pronósticos | 42 |
| 5.3.6 Desviación Absoluta Media (DAM) | 43 |
| 5.3.7 Raíz del error cuadrático medio (RECM) | 44 |
| 5.3.8 Error porcentual absoluto medio (EPAM) | 44 |
| 5.4 Indicadores | 45 |
| 5.4.1 U de Theil | 45 |
| Capítulo 6: Levantamiento De Información | 46 |
| 6.1 Situación actual | 46 |
| 6.1.1 Observación y obtención de datos..... | 47 |
| 6.2 Ventas..... | 48 |
| 6.3 Clasificación ABC | 49 |
| 6.4 Pronóstico..... | 51 |
| Capítulo 7: Desarrollo de la propuesta | 55 |
| 7.1 Situación propuesta | 55 |
| 7.1.1 Desarrollo del pronóstico | 55 |
| 7.2 Desarrollo del método de inventario | 58 |
| 7.3 Validación de modelos de inventario y pronóstico..... | 63 |
| 7.3.1. Validación del método de pronóstico..... | 63 |
| 7.3.2. Validación del método de inventario..... | 65 |
| Capítulo 8: Evaluación de la propuesta | 68 |
| 8.1 Evaluación económica | 68 |
| 8.3 Impacto de la propuesta de mejora | 70 |
| Capítulo 9: Plan de implementación de la propuesta..... | 71 |
| 9.1 Políticas de inventario y abastecimiento..... | 71 |
| 9.2 Requisitos de las propuestas de mejora..... | 72 |
| 9.3 Procedimiento de la propuesta | 72 |

| | |
|-------------------|----|
| Conclusión | 74 |
| Referencias | 75 |
| Anexos | 76 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Mapa conceptual toma de ensayos..... | 12 |
| Figura 2.1: Diagrama de procesos del departamento de estructuras y materiales..... | 13 |
| Figura 3.1: Diagrama de Ishikawa, Departamento estructuras y materiales..... | 15 |
| Figura 4.1: Diagrama de metodología..... | 22 |
| Figura 5.1: Grafica de costos..... | 26 |
| Figura 6.1: Modelo de inventario de cantidad de periodo fija..... | 30 |
| Figura 7.1: Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad..... | 31 |
| Figura 8.1: Ejemplo de clasificación ABC..... | 34 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Comparación de precios en compras planificadas e improvisadas..... | 47 |
| Tabla 2: Ventas y pérdidas anuales..... | 48 |
| Tabla 3: Clasificación A..... | 50 |
| Tabla 4: Clasificación B..... | 50 |
| Tabla 5: Clasificación C..... | 51 |
| Tabla 6: Registro de salidas de inventario año 2015..... | 52 |
| Tabla 7: Registro de salidas de inventario año 2016..... | 53 |
| Tabla 8: Registro de salidas de inventario año 2017..... | 54 |
| Tabla 9: Pronóstico anual para el próximo periodo..... | 57 |
| Tabla 10: Cantidades optimas a pedir por cada artículo..... | 60 |
| Tabla 11: Cantidad de pedidos a realizar, la demanda, el punto de reorden y la cantidad de artículos..... | 62 |
| Tabla 12: Criterios de selección de modelos de inventario..... | 65 |
| Tabla 13: Flujo de caja..... | 69 |

Lista de gráficos

| | |
|--------------------------------------|----|
| Gráfico 1: “Clasificación ABC” | 49 |
|--------------------------------------|----|

Resumen

Esta memoria pretende proponer una nueva forma de operar al departamento de estructuras y materiales, respecto del abastecimiento de la organización en la cual se incorpora un pronóstico de la demanda.

El modo de operación del departamento es utilizando los datos de las ventas de años anteriores como referencia además de la experiencia adquirida en el trabajo, por lo que no poseen políticas de inventario. Este trabajo aborda la operación del proceso desde la incorporación de políticas de inventario hasta el pronóstico de la demanda para los próximos periodos.

Capítulo1: Descripción de la empresa

1.1 Acuerdo de confidencialidad

Se ha firmado un acuerdo de confidencialidad el cual tiene como proposito resguardar la identidad y los datos de la organización, de ahora en adelante se nos autoriza a nombrarlo como el departamento de estructuras y materiales de una entidad publica de educacion superior chilena.

Los datos empleados en el trabajo de título fueron facilitados por el departamento de estructutas y materiales alterados con un factor designado por la organización.

El acuerdo esta concensuado con el jefe de carrera, el profesor Jose Irrazabal y guiado por el profesor Daniel Miranda Sala quien se encuentra al tanto de la situación (ver anexo numero 6).

1.2 Prestación de servicios

El departamento de estructura y materiales se dedica a la toma de ensayos de hormigón en la construcción para el control de calidad, los cuales se toman directamente del camión proveniente de la hormigonera cuando este ya se encuentra en obra.

A continuación, veremos un mapa conceptual de la toma de ensayos y/o muestras de hormigón:



Figura 1.1.: Mapa conceptual toma de ensayos.

Fuente: Elaboración propia.

Este proceso comienza con la solicitud del cliente, la cual tiene dos formas de llevarse a cabo, la primera consiste en enviar un archivo “Excel” al cliente, así él podrá completar todos los datos e informar del servicio requerido, la segunda consiste en enviar un correo detallado con el tipo de servicio a contratar. Con esto el inspector puede realizar la visita y proceder con la toma de muestras a contar del día siguiente de la solicitud.

Finalizado el periodo de solicitud y programadas las visitas del día se asigna el inspector correspondiente según la comuna. Este es quien realizará la fase inicial del proceso de muestreo en el lugar de la obra en construcción. Este proceso consiste en extraer una cantidad de hormigón para ser depositada en cilindros los cuales deben permanecer en la obra en construcción durante el periodo de tiempo que dicta la norma o según las indicaciones del cliente.

Posteriormente, una vez transcurrido el periodo de tiempo pactado, los cilindros deben ser transportados al laboratorio en donde se realizarán ensayos según los requerimientos del cliente.

Los resultados obtenidos de los ensayos se deben presentar en un informe el cual es entregado al cliente. A continuación, se presenta un diagrama de flujo en el cual se detalla el proceso general desde la recepción hasta la emisión de boleta en obra.

A continuación, veremos el diagrama de proceso:

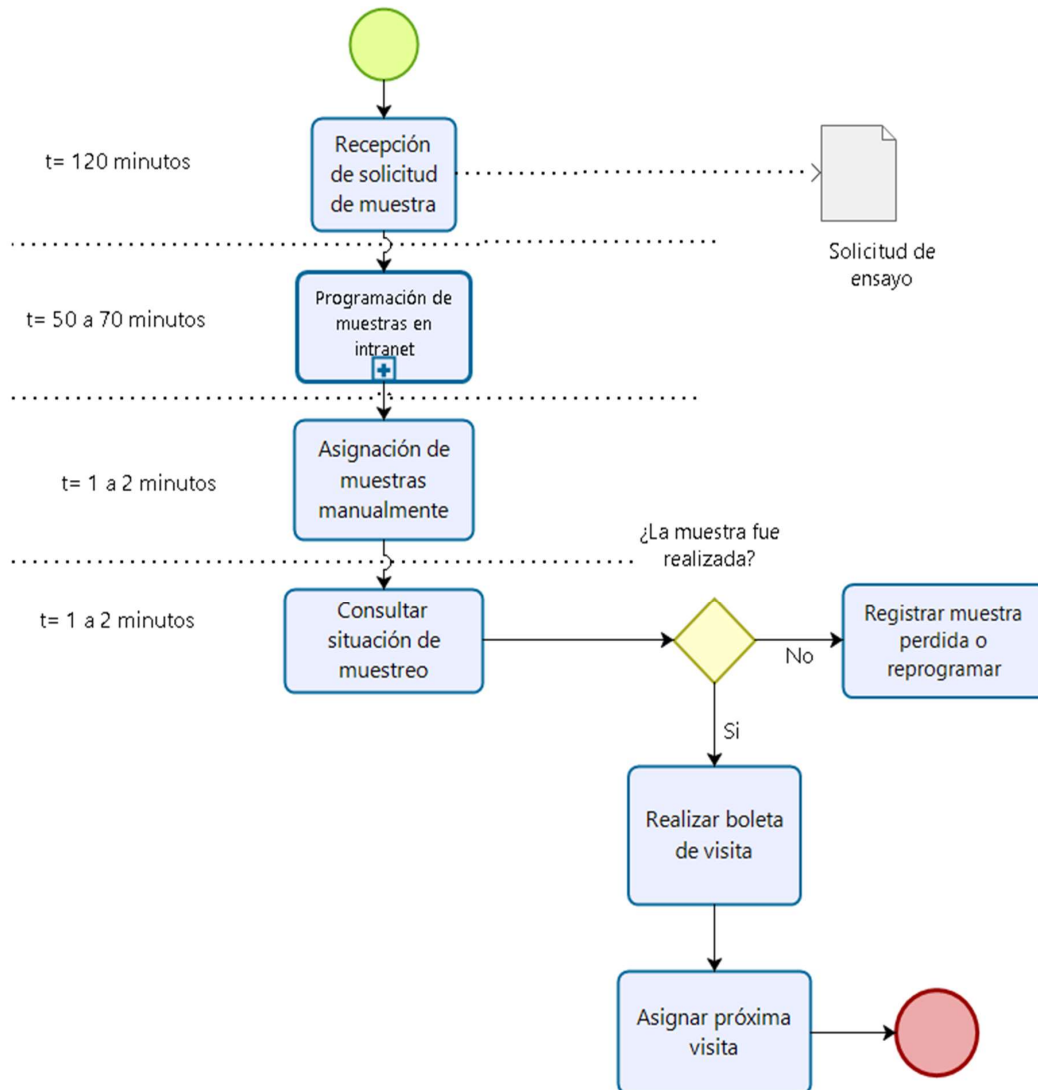


Figura 2.1: Diagrama de procesos del departamento de estructuras y materiales

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 2: Descripción del problema

2.1 Introducción

Para que las empresas obtengan utilidades, se debe en gran medida a la generación de ventas, siendo esta el motor principal de cualquier organización. El control de inventario se encuentra operando con deficiencia ya que cada año aumenta la pérdida entre un 2% - 5%. Esto es causado por la pérdida de ventas debido a los quiebres de inventario, lo que genera disconformidad en el cliente, otorgando ventaja al competidor, situación que lleva a una disminución en las ventas generando menores ingresos, dando como resultado la disminución de la utilidad.

En base a esto, toda organización que desee competir en la industria debe contar con un buen sistema de manejo de inventario, permitiendo llevar un control eficaz de sus insumos y materias primas entre otros, garantizando de esta manera una producción continua evitando retrasos indeseados.

2.2 Antecedentes del problema

En la actualidad el departamento de estructuras y materiales presentan problemas de inventario de insumos, lo cual es un factor importante que afecta directamente a la utilidad, debido a los costos atribuidos al mantenimiento y a los costos derivados de quiebres de inventario.

A continuación, se apreciará un diagrama de Ishikawa en base a la problemática.

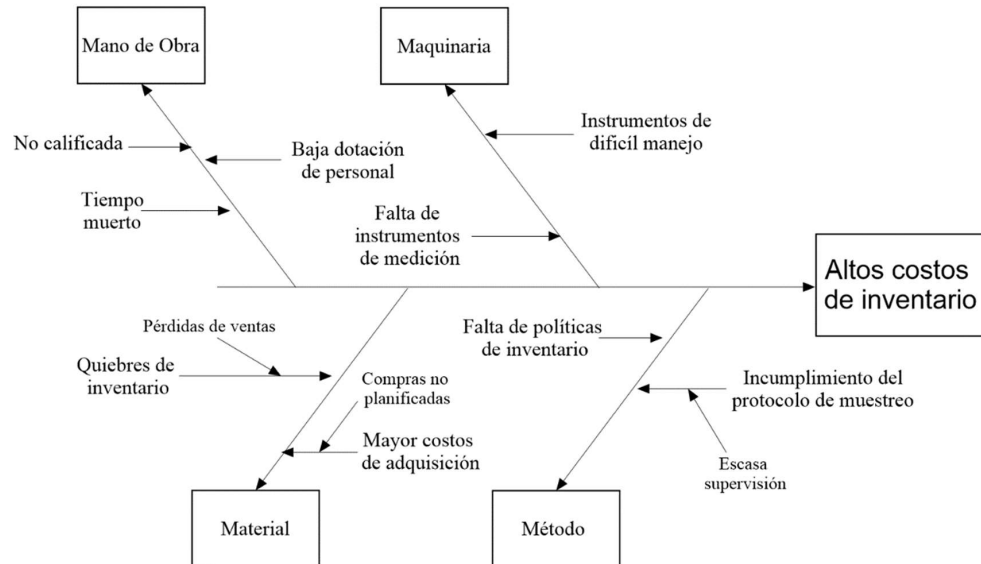


Figura 3.1: Diagrama de Ishikawa, Departamento estructuras y materiales

Fuente: Elaboración propia

- Mano de obra: El proceso de toma de muestras se ve obstruido debido a que la planificación de los viajes diarios, son realizados subjetivamente a primera hora del mismo día, además de esto existen factores externos que entorpecen esta labor, como por ejemplo la cancelación de la toma de muestra por parte de los clientes, lo que significa que el trabajador tendrá que adaptarse a una nueva ruta sin saber si es que este se encuentra con la totalidad de los materiales e insumos necesarios para poder prestar de manera íntegra el servicio.

- **Maquinaria:** Se tienen instrumentos de medición modernos y antiguos, los modernos son ligeros y fáciles de utilizar en comparación a los más antiguos que se necesita de dos personas para poder utilizarlo de manera eficiente, debido a que son más pesados y de grandes dimensiones, pero no siempre se cuenta con la cantidad de personal necesario para realizar los trabajos, dejando a los trabajadores sin la maquinaria o a la espera de esta, disminuyendo las ventas mensuales fluctuando entre un 6% y 7%.
- **Material:** dentro de este ítem se encuentran carretillas, cilindros, motores, termómetro, piscinas, entre otros. En vista de que no utilizan algún tipo de políticas de inventario, los descuidos en la planeación y control da como resultado quiebres de inventario, lo que conlleva costos excesivos en la adquisición de estas existencias, además de esto diariamente se pierden ventas al no contar con las existencias, las pérdidas están contempladas entre 9%-11% de las ventas anuales.
- **Método:** La toma de muestra debe cumplir con ciertos procedimientos y estándares, los cuales no se llevan a cabo por parte de los inspectores, debido a que, al realizar su labor de manera rápida, puede seguir tomando una mayor cantidad de muestras al día, lo que por cierto tiene una recompensa monetaria mensual manifestada como un bono por “metas” que va entre los \$60.000 y \$80.000 pesos mensuales, además de la escasa supervisión de parte de los jefes.

Esta organización manifiesta problemas en la estimación de la demanda, debido a que este proceso se realiza de manera heurística y sin ningún método de pronóstico, por lo que su atención está dirigida principalmente en abastecerse a medida que se vaya necesitando insumos, lo que produce quiebres de inventario. Como resultado de esto, los inspectores fiscalizadores no pueden realizar las pruebas solicitadas, lo que provoca un costo adicional de parte de la organización al tener que realizar otro proceso para prestar los servicios solicitados o en la compra de los insumos a un precio mayor.

Además, existe un problema con el control de inventario de insumos, el cual es provocado por la ausencia de una política de inventario, la cual genera un desorden y desconocimiento de este y un desajuste en el proceso de la prestación del servicio. La vida útil de los insumos no es considerada, ya que son utilizados hasta que se estropean o no pueden cumplir su función, recién en este instante realizan la compra y reposición de estos. Lo cual hace que sea difícil llevar una administración eficiente de los recursos. Este factor repercute directamente en las utilidades, debido a que se ve afectado en la pérdida de ventas las que bordean alrededor del 15%-18% de las ventas anuales, lo que nos lleva a los siguientes montos:

- ❖ 2015: \$423.072.000 pesos.
- ❖ 2016: \$452.133.000 pesos.
- ❖ 2017: \$465.051.500 pesos.

Capítulo 3: Objetivos

3.1 Objetivo general

- Diseñar y proponer un sistema de control de inventario para aumentar la utilidad en el departamento de estructuras y materiales.

3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un análisis del sistema de control de inventario actual.
2. Determinar y proponer un modelo de inventario y de pronóstico de la demanda adecuado a la situación de la organización.
3. Validar el modelo de inventario y de pronóstico determinados.
4. Evaluar económicamente el modelo de control de inventario.

3.3 Alcances y restricciones

Esta investigación recopilara los datos almacenados desde el año 2015 hasta el año 2017, en el departamento de estructuras y materiales ubicado en Santiago, región metropolitana.

Este trabajo de título estará basado en guiar el proceso de adquisición y aprovisionamiento de la empresa, pretendiendo reducir costos de inventario y poder aumentar las utilidades de la división.

Los datos contemplados en este trabajo de investigación han sido proporcionados con un factor de alteración, para así mantener la confidencialidad de estos.

Se debe tener en consideración que ningún método de pronóstico existente implica perfección debido a que existen múltiples factores externos que no son posibles de controlar pudiendo afectar el pronóstico realizado.

3.4 Resultados esperados

Al finalizar el trabajo en la empresa se pretende lograr lo siguiente:

- Una respuesta oportuna por parte de la organización en relación con la demanda de los productos, evitando así posibles quiebres de inventario, generada por la no utilización de alguna metodología relacionada al tema.
- Obtención de un procedimiento establecido basado en datos históricos, como lo es el pronóstico de la demanda y sistema de inventarios.

Capítulo 4: Metodología

4.1 Introducción

La metodología de trabajo presentara los pasos realizados para la elaboración de un sistema de control de inventario y así lograr llevar un control de los insumos. Considerando la información obtenida y la situación que existe al interior de la empresa, se propone realizar una serie de procesos, incluyendo distintos modelos de pronósticos de demanda, los cuales se analizara el que se ajuste más y posteriormente concluir de los resultados obtenidos.

Luego de realizar lo anteriormente señalado se propondrá un método de control de inventario de insumos, el cual se ajustada según sean las condiciones que se puedan observar al interior de la organización. Con esto se pretende establecer mejores cantidades para los pedidos que se deben. Junto con esto también se podrá determinar las fechas en que se debe realizar cada pedido, lo que ayudará a mantener un nivel de inventario de productos constante además de un inventario de seguridad para periodos en que aumenta inesperadamente la demanda.

Estas propuestas deberían resultar en un impacto positivo económicamente para la organización, ya que se estandarizará un proceso tan vital como es pronosticar la demanda de un producto. Se modificarán áreas como los costos asociados al inventario, la respuesta ante una demanda inesperada, entre otros; obteniendo resultados positivos en cuanto a oportunidad de mejora en todos estos.

4.2 Metodología

A continuación, se detalla la metodología a seguir, en esta se deberá observar y analizar la información que se pueda desprender de los datos históricos.

La interpretación de esta información conllevará a la identificación de las variables que se deberán abordar para realizar el estudio, levantar información y ejecutarlas herramientas correctas desprendidas del análisis.

A continuación, se apreciará la metodología a utilizar:



Figura 4.1: Diagrama de metodología

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5: Marco Teórico

5.1 Inventario

Son todas aquellas existencias o artículos de una pieza o recurso el cual es utilizado dentro de una organización, con el propósito de ser comercializadas o utilizadas para la producción de bienes y servicios dentro de la organización.

5.1.1 Propósitos del inventario

El inventario posee una gran cantidad de funciones, dentro de las cuales se encuentran aquellas que son principales en toda empresa. (Chase, Jacobs y Aquilano 2009).

1. Mantener independencia entre las operaciones
2. Para cubrir la variación en la demanda
3. Para permitir flexibilidad en la programación de la producción
4. Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima
5. Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido

La primera función permite la flexibilidad en las operaciones, reduciendo el número de configuraciones y generando estaciones de trabajo. Adicionalmente genera estabilidad en el tiempo promedio de producción ya que permite que los tiempos de trabajo más breves compensen los tiempos más largos, gracias a un colchón de unidades que son utilizadas en la producción.

La segunda función posiciona al inventario como un amortiguador en las variaciones de la demanda a la que toda empresa se ve enfrentada, ya que si esta fuera conocida sería posible la producción exacta de unidades. Por el contrario, a lo regular de las situaciones que ocurren en las empresas, la demanda no se conoce completamente obligando a las organizaciones a incurrir en inventarios de seguridad para absorber la variación.

La tercera función del inventario tiene el objetivo de aliviar la presión sobre el sistema de producción, generando mayores tiempos de entrega y permitiendo un flujo de producción más tranquilo, paralelamente a una operación de bajo costo gracias a la producción de lotes.

La cuarta función se enfoca en minimizar el impacto que ocasionan situaciones inesperadas en las plantas de producción de los proveedores como la falta de material, huelga de trabajadores o de las compañías de transporte.

Finalmente, la quinta función busca disminuir los costos relacionados con los pedidos como la mano de obra, el transporte o la utilización de medios de comunicación con el proveedor. Dado que los pedidos de mayor tamaño reducen la frecuencia con la que se debe realizar el siguiente pedido.

5.1.2 Costos de inventario

Se define como costos inventario a todos aquellos costos en los que se debe incurrir solo por el hecho de poseer inventario y que están asociados a este. Según Chase, Jacobs y Aquilano existen 4 grandes grupos a considerar toda decisión que afecte el inventario.

- Costos de mantenimiento: esta categoría abarca aquellos costos en los que debe incurrir y que están asociados con guardar o llevar el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, son los costos de las instalaciones, seguros, depreciaciones, obsolescencias deterioros, pérdidas y el costo de capital.
- Costos de configuración: son aquellos costos que comprenden la obtención de los materiales necesarios para la fabricación de un producto desde la solicitud a proveedores hasta la salida de existencias anteriores.

- Costos de pedidos: estos costos hacen referencia a todos aquellos costos administrativos y de oficina para la orden de compra en la producción. También se incluyen los costos de transporte y personal necesario para la recepción y conteo de artículos en inventario.
- Costos por faltantes: cuando existen situaciones en las que el inventario de seguridad se agota y faltan materias primas para la producción se debe esperar el pedido realizado al proveedor, el cual implica tiempo lo que se traduce finalmente en productos no fabricados, por lo tanto, ganancias que se dejan de percibir. Esta es la categoría más difícil de dimensionar ya que comprende los efectos de los clientes perdidos, las ganancias perdidas y además intangibles como la pérdida de la imagen de la empresa.

5.1.3 Gestión de inventario

La gestión de inventario toma cada vez mayor relevancia dentro de las actividades de la organización, pues condiciona que esta logre o no alcanzar los objetivos establecidos.

El propósito de la gestión de inventario es el control de los bienes e insumos que posea la organización, además del control de toda aquella actividad relacionada con la reducción de costos. Adicionalmente busca asegurar la disponibilidad del producto en el momento y las cantidades deseadas.

Para confeccionar una buena gestión de inventario esta requiere la ejecución de actividades como la identificación de la metodología de trabajo adecuada, la cual propone los pasos a seguir según las necesidades de la organización. Seguido de esto es necesario conocer los puntos de rotación y finalmente el modelo que indicara los parámetros y periodos en que se debe efectuar el reorden.

5.1.4 Cantidad económica a pedir (EOQ)

Como todo proceso, realizar el pedido al proveedor implica la generación de costos asociados a dicho proceso como el costo de los servicios utilizados para pedir, el costo por mantener un inventario, entre otros.

A continuación, se presenta la gráfica de los costos que se deben considerar:

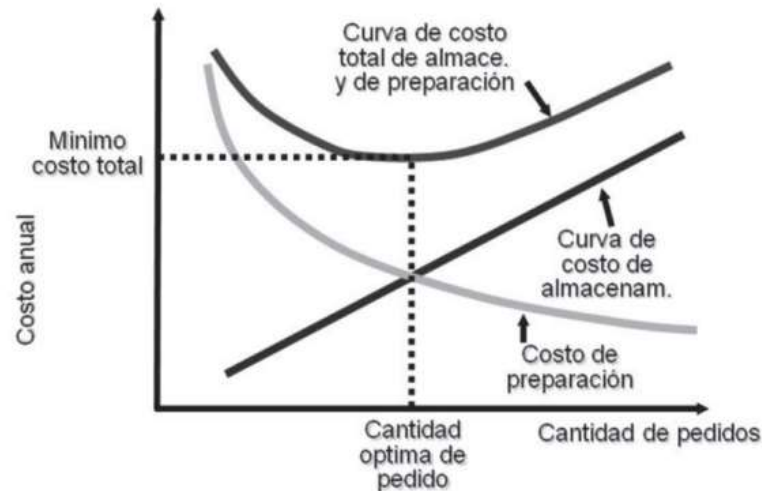


Figura 5.1: Gráfica de costos

Fuente: Libro “Fundamento de la gestión de inventarios”

Como se observa el costo de almacenamiento aumenta en la medida que se incrementa la cantidad a ordenar, esto se produce dado que se incurren en mayores procesos, uso de mayor capital, seguros, etc.

También se observa un comportamiento inverso del costo de preparación en relación con la cantidad de pedidos a ordenar, esto se explica ya que a mayor cantidad que se solicita disminuye el número de situaciones en que se debe realizar otro pedido durante el periodo, por ende, se evitan realizar los procesos asociados al ordenar a los proveedores.

Finalmente, la curva de costos totales toma la forma de una parábola, en donde su punto mínimo corresponde a la cantidad económica de pedido. Para lograr esta primera aproximación al cálculo de la cantidad a pedir se deben cumplir algunos supuestos, situaciones que propician el mejor escenario alcanzable.

Entre estas situaciones se encuentra la demanda de artículos, la que debe ser constante a lo largo del periodo, además el tiempo de entrega también debe ser regular de modo que se eviten los quiebres de inventario. Otro supuesto es la ausencia de restricciones en la capacidad de almacenamiento y de transporte, claro que en la realidad esta situación determina muchas veces la capacidad de inventario en algunas empresas, limitando superiormente la cantidad económica de pedido.

5.1.5 Sistemas de control de inventario

El objetivo de los sistemas de control de inventario es entregar la información precisa en los momentos adecuados para el correcto abastecimiento de los insumos requeridos en una organización, esto con el fin de que las operaciones puedan ser efectuadas con normalidad.

El sistema es el responsable de solicitar y recibir los insumos, fijar los momentos en que se deben realizar los pedidos y proporcionar un registro de los que se pidió y a quien.

Existen dos clasificaciones para los sistemas de inventario. La diferencia entre estas se basa principalmente en el momento en que se debe realizar la compra de los insumos. Por un lado, se tiene el inventario de periodo único, en donde se realiza una única compra de insumos para abastecer la demanda en un periodo fijo. Por otro lado, se tiene el sistema de varios periodos en donde los insumos se utilizarán de forma periódica por lo que es necesario mantener un inventario a través del tiempo para enfrentar la demanda producida en los distintos periodos. A continuación, se presentan ambas clasificaciones.

5.1.5.1 Modelo de inventario de periodo único

Este modelo busca hallar la cantidad de pedido más económico sujeto a la condición de que los beneficios derivados de la venta de la unidad sean mayores que las pérdidas derivadas por no vender la siguiente unidad.

En términos simbólicos este modelo se puede representar se la siguiente manera.

C_o = Costo por unidad de la demanda sobrestimada

C_u = Costo por unidad de la demanda subestimada

Añadiendo el uso de probabilidades, el costo marginal que se espera se representa de la siguiente manera.

$$P(C_o) \leq (1 - P)C_u$$

Debido a que solo existen dos situaciones para la unidad, que esta se venda o no se venda, P representa la probabilidad de que la unidad no sea vendida, por lo tanto $(1 - P)$ representa la probabilidad de que la unidad si se venda. Despejando P se obtiene lo siguiente:

$$P \leq \frac{C_u}{C_o + C_u}$$

Finalmente se puede concluir que para aumentar el tamaño del pedido este se puede realizar siempre y cuando la razón $\frac{C_u}{C_o + C_u}$ sea mayor o igual a la probabilidad de no vender la unidad.

5.1.5.2 Sistemas de inventario de varios periodos

En contraste con el sistema anterior, la demanda se puede presentar de manera perpetua a través del tiempo, por lo que se requiere un reaprovisionamiento constante de inventario. Estos aprovisionamientos se pueden realizar completos de manera instantánea, o bien, pueden ir suministrándose proporcionalmente en el tiempo.

Por un lado, se tiene el **modelo de cantidad de pedido fija** (*modelo Q*) el cual se basa en los eventos, es decir, el pedido comienza cuando se presenta la situación en que el inventario llega a un nivel establecido con anterioridad. Por otro lado, se tiene el **modelo de periodo fijo** (*modelo P*) el cual se basa en el transcurso del tiempo, donde la revisión de inventario se realizará al finalizar el periodo establecido.

En ambos modelos mencionados anteriormente suponen una demanda conocida y constante, que por lo general no ocurre. La mayor parte de los casos la demanda no es constante ya que existen factores externos como políticos, económicos, sociales o naturales ajenos a los pronósticos que pueden incidir la demanda futura. Esta situación resulta en la necesidad de incurrir en **inventarios de seguridad**, lo que se definen como los insumos que se manejan por sobre la cantidad de insumos necesarios para enfrentar la demanda esperada.

Para ambos modelos anteriormente presentados existen sus derivados en los que se incorporan los inventarios de seguridad.

5.1.5.2.1 Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad

El objetivo principal de este modelo es proporcionar el nivel de inventario apropiado para enfrentar la demanda con tranquilidad, junto con el nivel en que se deberá solicitar el pedido de insumos (R), el cual representa el nivel mínimo para realizar las operaciones con normalidad. El modo de trabajo para este modelo requiere constante revisión y seguimiento del nivel de inventario, cuando las existencias llegan al nivel R se debe realizar un pedido para abastecer con una cantidad Q . El periodo desde el pedido hasta la entrega queda representado por L , efectuándose la entrega de Q insumos al finalizar este periodo.

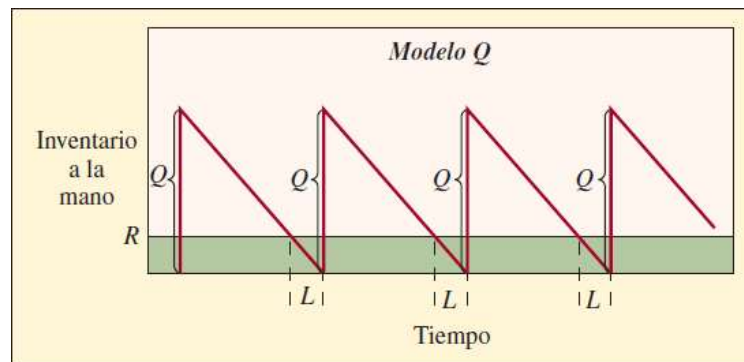


Figura 6.1: Modelo de inventario de cantidad de periodo fija

Fuente: Libro "Administración de operaciones y producción". Chase, Aquilano y Jacobs.

El mayor problema al cual se enfrenta este modelo es el peligro de escasez de insumos, frente a un potencial aumento en la demanda en el periodo desde que se efectúa el pedido hasta el término del periodo L , variable que puede no estar incorporada en este modelo.

Debido a la variable antes señalada es la razón de la importancia del inventario de seguridad en la organización ya que este es el que permite realizar las operaciones de la empresa con normalidad y hacer frente a demandas en donde el nivel de inventario está por debajo del rango para el cual fue calculado enfrentar la demanda.

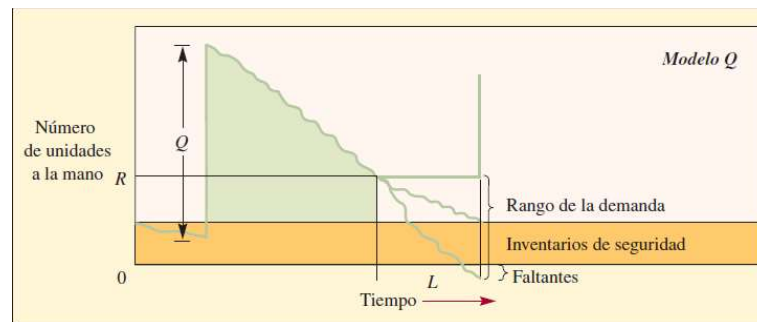


Figura 7.1: Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad.

Fuente: Libro "Administración de operaciones y producción". Chase, Aquilano y Jacobs.

Para determinar el inventario de seguridad se requiere conocer la satisfacción pretende entregar a sus clientes, para esto se debe utilizar un enfoque de probabilidad, el cual se basa en la probabilidad aceptable máxima de presentar faltantes para la organización.

Para efectos de cálculo el punto de reorden estará determinado por la siguiente ecuación:

$$R = \bar{d}L + Z\sigma_L$$

En donde:

R = Punto de volver a pedir unidades

\bar{d} = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega en días (desde que se realiza hasta que se percibe el pedido)

Z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_L = Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega

5.1.5.2.2 Modelo de periodos fijos con inventario de seguridad

Lo que caracteriza a este modelo y al mismo tiempo lo diferencia del anterior es el momento en que se debe efectuar la revisión del inventario, principalmente porque en este modelo contempla un transcurso de tiempo (T) fijo, el cual debe culminar para llevar a cabo la revisión.

Otro factor para considerar como diferencia con respecto al modelo anterior es la cantidad de pedido, la cual varía de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso, esto provoca que el tamaño del inventario sea aún mayor.

Debido a que la revisión de inventario de este modelo se realiza solo al finalizar el periodo T , es necesario poseer un inventario de seguridad de mayor cantidad, la razón principal es porque pueden provocarse aumentos en la demanda los cuales pueden no percatarse ya que no se realiza revisión de inventarios en el transcurso del periodo.

Dado que en este modelo los ciclos de revisión y de entrega son constantes, únicamente varía la cantidad que se debe pedir, lo cual queda determinado mediante la siguiente ecuación:

$$q = \bar{d}(T + L) + Z\sigma_{T+L} - I$$

En donde:

q = Cantidad que pedir

T = Número de días entre revisiones

L = Tiempo de entrega en días

\bar{d} = Demanda diaria promedio pronosticada

Z = Número de desviaciones estándar

σ_{T+L} = Desv. Estándar de la demanda durante el periodo de revisión

I = Nivel de inventario actual

5.2 Clasificación ABC

Dentro del catálogo de insumos que requiere una empresa para lograr operar de forma normal existen aquellos en los que su contribución a la organización es mayor, dada su relevancia en los distintos procesos para llevar a cabo el producto o servicio.

Vidal (2005) es quien propone una clasificación ABC para estos ítems, la cual está basada en el principio de Pareto (80-20) con el objetivo de categorizar y segmentar aquellos productos más importantes de otros que poseen menor relevancia en la organización. La tesis que se plantea según el principio de Pareto explica que aproximadamente el 20% de los productos conforman el 80% de las ventas en la empresa.

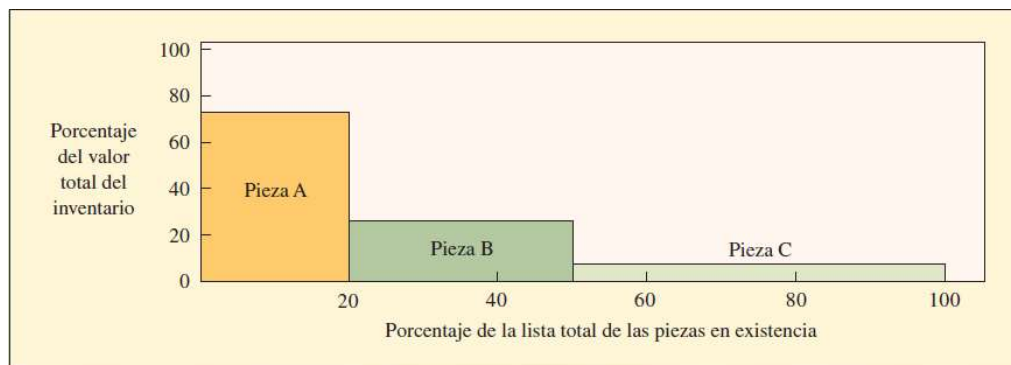


Figura 8.1: Ejemplo de clasificación ABC

Fuente: Libro “Administración de operaciones y producción”. Chase, Aquilano y Jacobs.

Artículos de clasificación A: corresponden aquellos artículos imprescindibles dentro del proceso productivo o de servicio, por lo tanto, requieren un alto grado de control y presentan un valor elevado dentro del inventario de la empresa.

Artículos de clasificación B: su revisión debe ser continua pero no necesariamente como en la clasificación A. Aunque poseer un valor menor que los artículos A, estos no se pueden dejar de lado ya que la falta o exceso de estos artículos se puede llegar a reflejar en variaciones importantes dentro de las utilidades de la empresa.

Artículos de clasificación C: Es la clasificación menos valorizada dentro del inventario con gran cantidad de unidades por lo que se requiere una revisión menos frecuente y más general.

Para realizar la clasificación ABC se deben seguir los siguientes pasos:

1. Determinar la demanda anual en unidades por cada insumo.
2. Determinar el costo unitario de cada insumo.
3. Multiplicar el costo unitario por la demanda anual en unidades para calcular el costo Anual de cada insumo.
4. Calcular el porcentaje individual que representa el costo anual del valor total de su valor.
5. Ordenar de mayor a menor los artículos de acuerdo con el porcentaje individual.

5.3 Pronóstico de la demanda

Para toda planeación a largo plazo es vital la utilización de pronósticos, ya que son la base de toda la productividad que se realizara con el objetivo de minimizar los costos y evitar acumulaciones de productos por largos periodos de tiempo.

Se debe considerar siempre que un pronóstico no es una predicción del futuro y lograr que sea perfecto, por lo regular, es imposible ya que existen muchos factores que pueden afectar indirectamente, los cuales no se pueden pronosticar con total certeza.

El objetivo de un pronóstico es entregar información, en base a cálculos y probabilidades, sobre la demanda que se puede esperar en el futuro, con el fin de estar mejor preparado y entregar el producto y/o servicio al cliente en los plazos establecidos.

Los pronósticos se pueden clasificar según la metodología utilizada, ya sea en base a cálculos, datos históricos, opiniones, estudios previos, etc. Esta clasificación divide a los pronósticos en modelos **cualitativos** y **cuantitativos**.

Los modelos cualitativos son fundamentalmente subjetivos, basados en el juicio y prácticamente en la experiencia del analista. Su utilización es común en presencia de artículos nuevos los cuales carecen de datos históricos.

Por otro lado, los modelos cuantitativos se trabajan mediante cálculos y se fundamentan principalmente en historial de los eventos que se producen a través del tiempo los cuales son utilizados para pronosticar la demanda futura asumiendo que las tendencias se repiten. En esta categoría podemos encontrar 4 tipos de modelos: promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial, análisis de regresión.

Paralelamente a estos modelos se debe considerar el horizonte de planeación el cual se distribuye en corto, mediano y largo plazo. Por lo regular, el corto plazo alcanza un horizonte no mayor a 3 o 4 meses siendo utilizado para compensar la variación aleatoria ya que se ajusta de muy buena manera a cambios de corto plazo como por ejemplo las respuestas de los consumidores ante un producto nuevo. Por su parte el mediano plazo responde a un horizonte mayor que puede alcanzar los 2 años siendo muy útiles para efectos estacionales. Finalmente, el largo plazo abarca el horizonte mayor a 2 años siendo fundamental para detectar tendencias generales y útil a la hora de identificar cambios más importantes.

5.3.1 Promedio móvil simple

Este promedio es útil cuando se conoce que la demanda no presenta fluctuaciones repentinas en el tiempo ni periodos con características estacionales. Su horizonte de planeación apunta a un periodo de corto plazo y busca amortiguar las fluctuaciones de la demanda. Según Everett y Ronald el promedio se desplaza a lo largo del tiempo, de tal forma que se va descartando la demanda más antigua para agregar aquella más reciente. La forma de calcular con este modelo se realiza promediando los n periodos anteriores ubicando al periodo objetivo en un extremo, de esta forma se busca evitar que el pronóstico resulte centrado. La fórmula del promedio móvil simple es:

$$F_t = A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}$$

Donde

F_t = Pronóstico para el siguiente periodo

n = Numero de periodos para promediar

A_{t-1} = Ocurrencia real en el periodo pasado

$A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}$ = Ocurrencias reales hace dos periodos, hace tres periodos, y así sucesivamente hasta n periodos

5.3.2 Promedio móvil ponderado

Dado que en el promedio móvil simple todos los periodos poseen el mismo grado de importancia en el resultado, el promedio móvil ponderado permite asignar distintos grados de importancia a los periodos, con la condición de que la suma total de las ponderaciones de cada período sea igual a 1.

Estas ponderaciones se asignan generalmente en base a la experiencia, añadiendo que por regla general el periodo más reciente es aquel indicador más importante puesto que es el periodo más próximo y se espera que la demanda no varíe drásticamente entre un periodo y otro. Por esta razón se le debe asignar mayor ponderación a periodos más recientes y distribuir el resto en los distintos periodos a promediar.

Sin embargo, existen situaciones en donde la demanda se presenta con estacionalidad debido a temporadas y otros factores externos. Por ende, la ventaja clara que adopta el promedio móvil pondera es asignar mayor porcentaje aquellos periodos en que la demanda es mayor, logrando alcanzar una dinámica sobre el promedio móvil simple.

La fórmula queda expresada como:

$$F_t = w_1A_{t-1} + w_2A_{t-2} + \dots + w_nA_{t-n}$$

En donde:

F_t =Pronóstico para el siguiente periodo

w_1 =Ponderación asignada para la demanda real en el periodo $t - 1$

w_2 = Ponderación asignada para la demanda real en el periodo $t - 2$

w_n =Ponderación asignada para la demanda real en el periodo $t - n$

n =Número total de periodos

5.3.3 Suavización exponencial

En este método los datos de periodos más recientes resultan más representativos que los de periodos más antiguos al igual que en ciertas situaciones del promedio móvil ponderado, pero su característica principal viene dada por una reducción en cada incremento histórico de periodo.

La suavización exponencial es la técnica más utilizada para el pronóstico, acaparando su mayor uso en las empresas minoristas, compañías mayoristas e incluso en agencias de servicios.

Dentro de las características que vuelve a este método tan atractivo para las empresas se encuentran su gran precisión en los resultados, la facilidad con la que se puede formular y llevar a cabo además del reducido número de cálculos lo que hace muy fácil de entender para los usuarios.

Para pronosticar con el método de suavización exponencial se necesitan 3 puntos claves: el pronóstico más reciente, la demanda real ocurrida durante el periodo del pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α). La característica de esta constante es que permite definir el nivel de uniformidad y la velocidad ante las diferencias que se producen con los pronósticos y las demandas que ocurren realmente, es decir, si frente a un artículo o servicio se genera una demanda real que presenta pequeñas diferencias con el pronóstico para el mismo periodo, la constante de uniformidad deberá ser relativamente pequeña ya que no existirán grandes cambios en la demanda. Por el contrario, si en una empresa existe un crecimiento de la demanda que no se reflejó en el pronóstico para el mismo periodo es recomendable utilizar una constante mayor debido al retraso que existe entre los pronósticos y la demanda real que está ocurriendo.

La ecuación que define el pronóstico utilizando este método está dada por:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

En donde:

F_t = El pronóstico suavizado para el periodo t

F_{t-1} = El pronóstico suavizado para el periodo anterior

A_{t-1} = La demanda real para el periodo anterior

α = Constante de suavización

5.3.4 Regresión Lineal

La regresión lineal se define como una relación entre dos variables, donde se utiliza una variable en base a la otra para realizar el pronóstico. Los datos observados son el pilar fundamental en cual se basa la relación.

En primera instancia es necesario graficar los datos para observar si estos presentan una expresión lineal o al menos partes de estos logran expresarla. La regresión lineal hace referencia a la clase especial de regresión en donde la relación de las variables forma una recta cuya ecuación toma la forma de $Y = a + bx$. En donde:

Y = variable dependiente

b = pendiente

x = variable independiente

Este tipo de pronóstico es factible cuando se pretende pronosticar a largo plazo, como es el caso que ocurre para la planeación agregada. También es muy útil a la hora de pronosticar la demanda de familias, independiente de que la demanda de los artículos

individualmente disminuya o aumente considerablemente dentro del mismo periodo, logrando el objetivo que es la suavización de toda la familia.

Las fórmulas utilizadas para determinar los valores de a, b y el error estimado son:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n - 2}}$$

En donde:

a =Secante Y

b =Pendiente de la recta

\bar{y} =Promedio de y

\bar{x} =Promedio de X

x =Valor de x en cada punto de los dartos

y =Valor de y en cada punto de los datos

n =Numero de punto de datos

Y =Valor de la variable

S =Error estimado

5.3.5 Error de pronósticos

Debido a que los pronósticos no son perfectos ya que la demanda presenta comportamientos irregulares en situaciones a causa de factores externos es que se debe realizar una medición de lo lejano que puede estar el pronóstico de la realidad según como lo explica Schroeder (2003). Para esto se debe realizar una definición entre la demanda real ocurrida y el pronóstico esperado para el mismo periodo.

Por lo tanto, el error de pronóstico queda definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Error de pronostico} = A_t - F_t$$

En donde:

A_t =Demanda real en el periodo t

F_t =Pronóstico en el periodo t

5.3.6 Desviación Absoluta Media (DAM)

Este método se caracteriza, según los autores Heizer y Render (2007), por su sencillo uso y aplicación al momento de calcular el error en un pronóstico. Es por esta razón que es uno de los métodos más utilizados ya que realiza un promedio de los errores absolutos entre la demanda real y el pronóstico para el mismo periodo.

$$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

En donde:

A_t = Demanda real en el periodo t

F_t = Pronóstico en el periodo t

n = Numero de periodos

La principal ventaja de este método es que solo entrega el valor absoluto del error, por esta razón es que el valor final que entrega la ecuación, es decir, mientras el DAM sea más pequeño el pronóstico será más cercano a la realidad.

5.3.7 Raíz del error cuadrático medio (RECM)

Este es otro método para medir el error en los pronósticos el cual posee la característica de reducir el impacto de errores grandes a los cuales se ve afectado el pronóstico.

La manera de calcular este error, tal como lo explica Heizer (2007), es a través de la sumatoria entre las diferencias de la demanda real y el pronóstico del mismo periodo, todo aumento al cuadrado. Queda definido por la siguiente ecuación:

$$RECM = \sqrt{\frac{\sum(A_t - F_t)^2}{n}}$$

A_t = Demanda real en el periodo t

F_t = Pronóstico en el periodo t

n = Número de periodos

5.3.8 Error porcentual absoluto medio (EPAM)

La ventaja de este método frente al RECM y al DAM radica en el trabajo ya que se efectúa en porcentaje lo que facilita el trabajo cuando los números son superiores a miles ya que en los dos métodos anteriores resulta en valores muy elevados. Como detalla Heizer y Render (et al., 2007, p. 146) “se calcula como la media de la diferencia, en valor absoluto, entre los valores previstos y reales, expresada como porcentaje sobre los valores reales”.

5.4 Indicadores

5.4.1 U de Theil

Esto corresponde a un indicador el cual se utiliza para verificar la exactitud que posee un pronóstico con series de tiempo. Los valores de este indicador fluctúan entre 0 y 1, en donde 0 corresponde al resultado de un pronóstico perfecto.

Debido a que este indicador por sí solo no representa un criterio adecuado para tomar decisiones sobre la elección de un método de pronóstico, resulta ser bastante efectivo como criterio de validación y comparación frente a otros métodos de pronósticos lo cual es útil para el presente trabajo.

Capítulo 6: Levantamiento De Información

6.1 Situación actual

Según el problema que fue encontrado en la organización, los dos puntos más importantes considerados son:

- a) El pronóstico de demanda de insumos: realizado de manera heurística sin ningún fundamento matemático como respaldo.
- b) El control de adquisición de insumos: son obtenidos cuando ocurren quiebres de inventario.

Esto se traduce en los siguientes problemas:

- Uso inadecuado de la bodega.
- Costos adicionales derivados de quiebres de inventario.
- Perdida de ventas.
- Costos de arriendo de maquinaria sin uso.

Para la resolución de la problemática fue necesario que el levantamiento de información sea basado en el almacenamiento de insumos y su demanda, con esto se podrá anticipar el comportamiento del mercado, pronosticar la demanda y lograr abastecerse de acuerdo con esto.

6.1.1 Observación y obtención de datos

Se observó y reviso los registros de entradas y salidas de bodega, para así realizar una estimación de la demanda de cada insumo por periodos, tomando en cuenta la relevancia de cada insumo a través de una clasificación de ítems para predisponer su abastecimiento.

El registro de existencias es llevado a cabo en planillas Excel por el encargado de bodega, la cual es completada día por medio.

A continuación, se podrá apreciar una tabla comparativa con los costos incurridos por quiebres de inventario.

| nº | insumos | Total anual | Compras Planificada | Compras improvisadas | Precio 1 | Precio 2 | Diferencia |
|----|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|------------|------------|----------------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 225 | 90 | 135 | \$ 163.560 | \$ 196.272 | \$ 11.776.320 |
| 15 | Aerímetro | 102 | 41 | 61 | \$ 338.400 | \$ 406.080 | \$ 11.045.376 |
| 13 | Molde Prismático | 186 | 74 | 112 | \$ 178.600 | \$ 214.320 | \$ 10.630.272 |
| 18 | Piscinas | 279 | 112 | 167 | \$ 112.800 | \$ 135.360 | \$ 10.070.784 |
| 8 | Cono | 180 | 72 | 108 | \$ 131.600 | \$ 157.920 | \$ 7.580.160 |
| 1 | Carretillas | 450 | 180 | 270 | \$ 47.940 | \$ 57.528 | \$ 6.903.360 |
| 12 | Molde Cúbico | 90 | 36 | 54 | \$ 172.960 | \$ 207.552 | \$ 4.981.248 |
| 14 | Medida volumetrica | 90 | 36 | 54 | \$ 169.200 | \$ 203.040 | \$ 4.872.960 |
| 9 | Pisón | 360 | 144 | 216 | \$ 33.840 | \$ 40.608 | \$ 3.898.368 |
| 2 | Palas | 1050 | 420 | 630 | \$ 11.280 | \$ 13.536 | \$ 3.790.080 |
| 3 | Motor Vibrador 1 | 24 | 10 | 14 | \$ 488.781 | \$ 586.537 | \$ 3.753.840 |
| 17 | Cono reducido | 96 | 38 | 58 | \$ 84.600 | \$ 101.520 | \$ 2.598.912 |
| 6 | Balde | 1140 | 456 | 684 | \$ 5.640 | \$ 6.768 | \$ 2.057.472 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 15 | 6 | 9 | \$ 394.800 | \$ 473.760 | \$ 1.895.040 |
| 16 | Balanza | 105 | 42 | 63 | \$ 56.400 | \$ 67.680 | \$ 1.895.040 |
| 19 | Termometro | 189 | 76 | 113 | \$ 26.320 | \$ 30.268 | \$ 1.442.599 |
| 5 | Poruñas | 618 | 247 | 371 | \$ 7.520 | \$ 8.648 | \$ 1.347.734 |
| 7 | Llana | 672 | 269 | 403 | \$ 6.580 | \$ 7.567 | \$ 1.282.310 |
| 10 | Placa | 144 | 58 | 86 | \$ 18.800 | \$ 21.620 | \$ 785.088 |
| | | | | | | | \$ 92.606.964 |

Tabla 1: Comparación de precios en compras planificadas e improvisadas.

Fuente: Elaboración propia.

Esta organización posee numerosos quiebres de inventario, los cuales llegan al 60%. Como consecuencia deben realizar compras con menor tiempo de anticipación y preparación, aumentando su valor entre un 15% y 20%, esto se traduce en una diferencia de precios que asciende a un valor de \$92.606.964 pesos anuales.

Esta cifra se puede disminuir de una manera considerable si la organización actuara bajo un método de pronóstico de demanda, de esta manera se podrá anticipar a dichos quiebres abasteciéndose de una manera más adecuada.

A través de una entrevista al jefe de secciones, se identificó el sistema de inventario y se obtuvieron los antecedentes y datos numéricos importantes para el desarrollo de este trabajo de título.

6.2 Ventas

El jefe de secciones indicó que el método de abastecimiento que se utilizaba no era el adecuado, debido a que se presentaron situaciones en que los quiebres de inventario ocurrían con mayor frecuencia, ya que al momento de controlar este, ya quedaban pocas existencias o simplemente no había.

Se tiene en consideración que la manera de actuar y controlar el inventario es deficiente, ya que, si bien se cumplía con la prestación de servicios, había muchos clientes que se quedaban sin ser atendidos debido al quiebre de inventario, no teniendo los recursos necesarios para llevar a cabo su labor.

| Año | Ventas | Pérdidas |
|------|------------------|----------------|
| 2015 | \$ 2.116.908.100 | \$ 423.072.000 |
| 2016 | \$ 2.416.086.900 | \$ 452.113.000 |
| 2017 | \$ 2.623.927.800 | \$ 465.051.500 |

Tabla 2: Ventas y pérdidas anuales

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se pueden apreciar las ventas contempladas en los años 2015, 2016 y 2017 las cuales cuentan con sus respectivas pérdidas de ventas, es decir, que se perdieron por lo menos 8900 ventas anuales debido a una mala planificación, al no tener los recursos necesarios.

6.3 Clasificación ABC

Actualmente el departamento de estructura y materiales cuenta con 19 ítems, los cuales son indispensables para la prestación de servicios que realiza esta organización. Para realizar la clasificación se requieren las salidas de inventario por productos, las cuales representan la demanda de cada insumo y los costos de adquisición de estos, durante tres periodos anuales comprendidos entre el 2015 y el 2017, dichos datos que fueron facilitados por el jefe de secciones.

A continuación, se apreciará la clasificación ABC, la cual fue realizada con los cinco pasos para realizar una clasificación ABC, los cuales se encuentran en el marco teórico en el ítem 4.2:

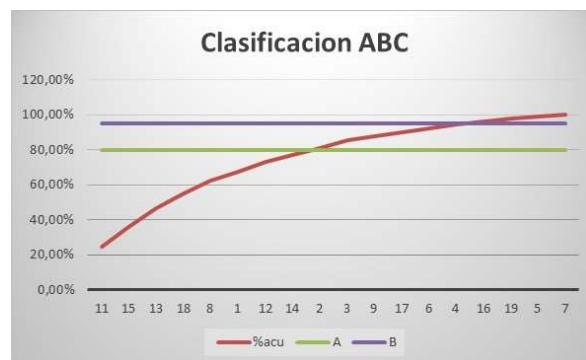


Gráfico 1: "Clasificación ABC"

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico, se pueden distinguir en la recta de “%Acu” y las intersecciones con “A” y “B” lo que significa que las clasificaciones están dadas hasta la intersección de estas rectas, las cuales serán explicadas a continuación:

Clasificación A:

| Código | Descripción | Totales Anuales | Precios | P*Q | % | %acu | Clase |
|--------|--------------------|-----------------|------------|---------------|--------|--------|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 225 | \$ 163.560 | \$ 36.801.000 | 12,65% | 12,65% | A |
| 15 | Aerímetro | 102 | \$ 338.400 | \$ 34.516.800 | 11,86% | 24,51% | A |
| 13 | Molde Prismático | 186 | \$ 178.600 | \$ 33.219.600 | 11,42% | 35,93% | A |
| 18 | Piscinas | 279 | \$ 112.800 | \$ 31.471.200 | 10,82% | 46,74% | A |
| 8 | Cono | 180 | \$ 131.600 | \$ 23.688.000 | 8,14% | 54,88% | A |
| 1 | Carretillas | 450 | \$ 47.940 | \$ 21.573.000 | 7,41% | 62,30% | A |
| 12 | Molde Cúbico | 90 | \$ 172.960 | \$ 15.566.400 | 5,35% | 67,65% | A |
| 14 | Medida volumétrica | 90 | \$ 169.200 | \$ 15.228.000 | 5,23% | 72,88% | A |
| 2 | Palas | 1050 | \$ 11.280 | \$ 11.844.000 | 4,07% | 76,95% | A |

Tabla 3: Clasificación A

Fuente: Elaboración propia

Corresponde a nueve ítems los cuales contiene el 80% del dinero invertido en el inventario, como nos dice el ítem 4.2 del marco teórico, estos artículos son imprescindibles dentro del proceso productivo o de servicio y requieren un alto grado de control.

Clasificación B:

| Código | Descripción | Totales Anuales | Precios | P*Q | % | %acu | Clase |
|--------|------------------|-----------------|------------|---------------|-------|--------|-------|
| 3 | Motor Vibrador 1 | 24 | \$ 488.781 | \$ 11.730.749 | 4,03% | 80,98% | B |
| 9 | Pisón | 360 | \$ 33.840 | \$ 12.182.400 | 4,19% | 85,17% | B |
| 17 | Cono reducido | 96 | \$ 84.600 | \$ 8.121.600 | 2,79% | 87,96% | B |
| 6 | Balde | 1140 | \$ 5.640 | \$ 6.429.600 | 2,21% | 90,17% | B |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 15 | \$ 394.800 | \$ 5.922.000 | 2,04% | 92,21% | B |
| 16 | Balanza | 105 | \$ 56.400 | \$ 5.922.000 | 2,04% | 94,24% | B |

Tabla 4: Clasificación B

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación posee seis artículos, de los cual su revisión debe ser continua pero no necesariamente como la clasificación A.

Clasificación C:

| Código | Descripción | Totales Anuales | Precios | P*Q | % | %acu | Clase |
|--------|-------------|-----------------|-----------|--------------|-------|---------|-------|
| 19 | Termómetro | 189 | \$ 26.320 | \$ 4.974.480 | 1,71% | 95,95% | C |
| 5 | Poruñas | 618 | \$ 7.520 | \$ 4.647.360 | 1,60% | 97,55% | C |
| 7 | Llana | 672 | \$ 6.580 | \$ 4.421.760 | 1,52% | 99,07% | C |
| 10 | Placa | 144 | \$ 18.800 | \$ 2.707.200 | 0,93% | 100,00% | C |

Tabla 5: Clasificación C

Fuente: Elaboración propia

La clasificación C es la menos valorizada dentro del inventario, requiere una revisión menos frecuente y más general.

6.4 Pronóstico

El pronóstico fue realizado con los datos ingresados en las planillas por la persona encargada de bodega, en la cual registro las salidas de cada insumo, con esto se determinó la estimación de demanda mensual por cada artículo. Para este estudio no fue considerado como una restricción los montos de compra de cada insumo, ya que el trabajo de título detecto montos de adquisición mayores a los que se emplearan.

El pronóstico fue realizado asumiendo un crecimiento histórico promedio de la organización que es de la orden del 12% y el comportamiento histórico que ha tenido la demanda a partir de enero del 2015 a diciembre 2017.

A continuación, se detallará el registro y formato de las salidas mensuales.

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 6 | 12 | 21 | 24 | 15 | 12 | 3 | 12 | 12 | 21 | 12 | 18 | 168 |
| 15 | Aerímetro | 3 | 6 | 9 | 9 | 9 | 6 | 0 | 6 | 6 | 9 | 6 | 9 | 78 |
| 13 | Molde Prismático | 6 | 9 | 15 | 15 | 15 | 9 | 3 | 9 | 9 | 15 | 9 | 15 | 129 |
| 18 | Piscinas | 9 | 18 | 27 | 27 | 27 | 18 | 3 | 18 | 18 | 27 | 18 | 27 | 237 |
| 8 | Cono | 6 | 12 | 18 | 18 | 18 | 12 | 3 | 12 | 12 | 18 | 12 | 18 | 159 |
| 1 | Carretillas | 15 | 30 | 48 | 45 | 42 | 30 | 12 | 36 | 30 | 48 | 33 | 45 | 414 |
| 12 | Molde Cúbico | 3 | 3 | 9 | 3 | 6 | 0 | 0 | 3 | 6 | 9 | 6 | 9 | 57 |
| 14 | Medida volumétrica | 3 | 9 | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | 9 | 6 | 12 | 9 | 9 | 87 |
| 9 | Palas | 12 | 21 | 39 | 30 | 33 | 24 | 6 | 12 | 18 | 30 | 36 | 42 | 303 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 30 | 69 | 108 | 105 | 111 | 63 | 24 | 54 | 66 | 108 | 72 | 108 | 918 |
| 3 | Pisón | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 15 |
| 17 | Cono reducido | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 6 | 3 | 9 | 6 | 12 | 6 | 9 | 96 |
| 6 | Balde | 42 | 93 | 117 | 120 | 135 | 87 | 21 | 78 | 93 | 120 | 78 | 132 | 1116 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 10 |
| 16 | Balanza | 3 | 12 | 6 | 6 | 9 | 0 | 3 | 3 | 6 | 9 | 6 | 9 | 72 |
| 19 | Termómetro | 3 | 12 | 15 | 18 | 12 | 12 | 3 | 0 | 6 | 9 | 15 | 18 | 123 |
| 5 | Poruñas | 21 | 45 | 63 | 45 | 54 | 39 | 6 | 15 | 42 | 66 | 30 | 51 | 477 |
| 7 | Llana | 24 | 48 | 60 | 66 | 57 | 48 | 9 | 24 | 39 | 60 | 51 | 75 | 561 |
| 10 | Placa | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 9 | 3 | 6 | 9 | 15 | 12 | 15 | 114 |

Tabla 6: Registro de salidas de inventario año 2015

Fuente: Elaboración propia

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 9 | 18 | 21 | 18 | 15 | 12 | 3 | 9 | 21 | 18 | 18 | 24 | 186 |
| 15 | Aerímetro | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 | 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 9 | 12 | 78 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | 12 | 21 | 18 | 24 | 15 | 6 | 15 | 12 | 21 | 12 | 21 | 186 |
| 18 | Piscinas | 12 | 21 | 30 | 30 | 27 | 24 | 0 | 6 | 21 | 33 | 30 | 39 | 273 |
| 8 | Cono | 9 | 18 | 24 | 15 | 6 | 12 | 9 | 9 | 18 | 18 | 18 | 21 | 177 |
| 1 | Carretillas | 15 | 33 | 51 | 48 | 39 | 27 | 9 | 24 | 36 | 54 | 36 | 48 | 420 |
| 12 | Molde Cúbico | 6 | 3 | 12 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 | 12 | 15 | 72 |
| 14 | Medida volumétrica | 6 | 12 | 12 | 9 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 | 15 | 12 | 87 |
| 9 | Palas | 21 | 30 | 42 | 36 | 27 | 18 | 9 | 12 | 24 | 36 | 39 | 30 | 324 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 27 | 72 | 114 | 90 | 96 | 60 | 30 | 57 | 72 | 102 | 114 | 129 | 963 |
| 3 | Pisón | 3 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 18 |
| 17 | Cono reducido | 6 | 12 | 9 | 15 | 6 | 3 | 3 | 0 | 15 | 9 | 9 | 12 | 99 |
| 6 | Balde | 45 | 78 | 117 | 135 | 132 | 90 | 30 | 0 | 99 | 126 | 135 | 141 | 1128 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 |
| 16 | Balanza | 6 | 12 | 9 | 6 | 9 | 0 | 3 | 6 | 9 | 9 | 12 | 12 | 93 |
| 19 | Termómetro | 6 | 15 | 15 | 18 | 15 | 12 | 6 | 3 | 6 | 12 | 15 | 18 | 141 |
| 5 | Poruñas | 24 | 51 | 69 | 48 | 57 | 42 | 6 | 12 | 51 | 69 | 33 | 57 | 519 |
| 7 | Llana | 27 | 54 | 69 | 75 | 60 | 57 | 15 | 27 | 42 | 69 | 54 | 78 | 627 |
| 10 | Placa | 6 | 18 | 12 | 9 | 9 | 12 | 3 | 3 | 9 | 15 | 15 | 21 | 132 |

Tabla 7: Registro de salidas de inventario año 2016

Fuente: Elaboración propia

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 12 | 21 | 27 | 18 | 18 | 0 | 6 | 24 | 15 | 27 | 27 | 30 | 225 |
| 15 | Aerímetro | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 3 | 0 | 6 | 9 | 12 | 12 | 15 | 102 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | 12 | 21 | 18 | 24 | 15 | 6 | 15 | 12 | 21 | 12 | 21 | 186 |
| 18 | Piscinas | 15 | 24 | 33 | 36 | 24 | 21 | 6 | 3 | 12 | 24 | 36 | 45 | 279 |
| 8 | Cono | 15 | 18 | 24 | 15 | 6 | 3 | 6 | 12 | 24 | 18 | 18 | 21 | 180 |
| 1 | Carretillas | 27 | 42 | 51 | 45 | 39 | 24 | 18 | 24 | 33 | 45 | 48 | 54 | 450 |
| 12 | Molde Cúbico | 9 | 6 | 9 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 21 | 15 | 90 |
| 14 | Medida volumétrica | 15 | 9 | 12 | 6 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 | 15 | 12 | 90 |
| 9 | Palas | 27 | 36 | 42 | 36 | 27 | 18 | 9 | 12 | 33 | 36 | 51 | 33 | 360 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 51 | 90 | 126 | 102 | 96 | 60 | 30 | 63 | 75 | 99 | 126 | 132 | 1050 |
| 3 | Pisón | 6 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 24 |
| 17 | Cono reducido | 9 | 9 | 12 | 15 | 9 | 3 | 3 | 0 | 6 | 9 | 9 | 12 | 96 |
| 6 | Balde | 42 | 84 | 111 | 138 | 135 | 96 | 33 | 36 | 69 | 126 | 138 | 132 | 1140 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 15 |
| 16 | Balanza | 9 | 15 | 6 | 6 | 9 | 0 | 3 | 3 | 12 | 9 | 15 | 18 | 105 |
| 19 | Termómetro | 12 | 18 | 21 | 27 | 15 | 18 | 9 | 6 | 9 | 18 | 21 | 15 | 189 |
| 5 | Poruñas | 45 | 78 | 75 | 51 | 57 | 39 | 12 | 12 | 57 | 75 | 48 | 69 | 618 |
| 7 | Llana | 45 | 63 | 66 | 84 | 69 | 54 | 15 | 18 | 42 | 63 | 78 | 75 | 672 |
| 10 | Placa | 9 | 21 | 15 | 6 | 9 | 6 | 6 | 3 | 12 | 18 | 18 | 21 | 144 |

Tabla 8: Registro de salidas de inventario año 2017

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 7: Desarrollo de la propuesta

7.1 Situación propuesta

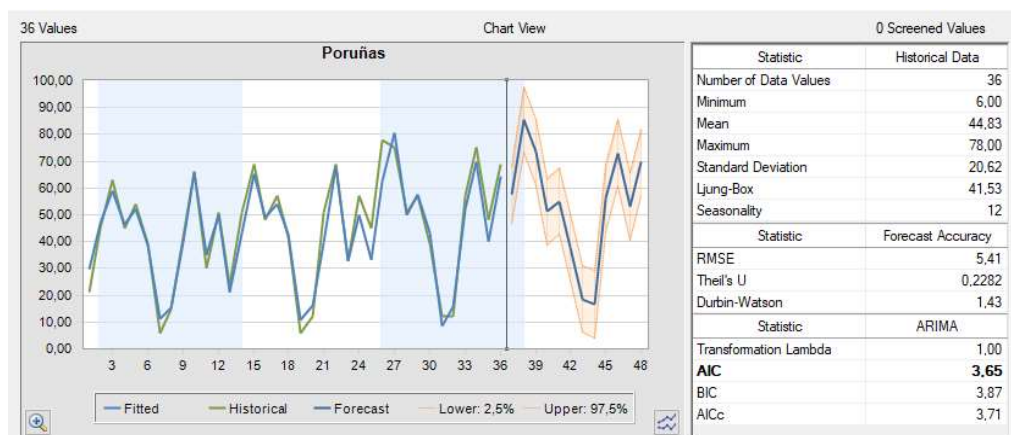
A través de los modelos de pronósticos convencionales se buscará obtener la demanda futura en un periodo de mediano y largo plazo, esto con el objetivo de tener en conocimiento el escenario al cual se deberá enfrentar la empresa y así estar mejor preparados en cuanto a personal e insumos con los que se debe contar.

En vista de los antecedentes recaudados y la situación de la empresa se propone utilizar el modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad. Este modelo busca ordenar la misma cantidad cada vez que sea necesario, lo cual ocurre cuando se llega al nivel de reorden. La elección de este modelo versus el modelo P radica en los insumos críticos los cuales son vitales para efectuar el servicio, por ende, se debe realizar la revisión de manera constante. El objetivo de esto es tener mayor control sobre el inventario y reaccionar de manera eficiente ante situaciones de incremento en la demanda.

7.1.1 Desarrollo del pronóstico

La herramienta que se utilizará en este trabajo será Crystal Ball de Oracle el cual es un complemento del software Excel. Una de las ventajas de utilizar este complemento es la selección del método en vista de los indicadores que se poseen. Particularmente para este trabajo será el RMSE debido que el objetivo es homogeneizar el pronóstico de aquellos ítems de mayor valor para la empresa, además se busca reducir la variabilidad de los cambios.

Los datos obtenidos para trabajar en el pronóstico corresponden a las ventas realizadas y la demanda real ocurrida desde enero del 2015 hasta diciembre 2017. La finalidad de pronosticar en base a estos periodos es estimar las cantidades que serán requeridas en los periodos futuros para lo cual se busca la estacionalidad que se presenta en los meses de diciembre a marzo.



Pronóstico de la demanda proyectada para el año 2018

Fuente: Crystal Ball

Como se puede observar en la imagen obtenida del Crystal Ball sobre el pronóstico realizado para las Poruñas, este es bastante acertado con respecto a la realidad tal como lo indica U de Theil entregando un resultado de 0.2, validando ARIMA como método correcto para este artículo.

Previamente se configuro a Crystal Ball de tal manera que el resultado del RECM corresponde a 5 unidades (aproximado a la decena), siendo un error aceptable y que la empresa está dispuesta a tolerar considerando el volumen total del artículo, además debido a que el error se presenta como resultado de una raíz, esto amortigua las variaciones que se presentan durante las fluctuaciones del método de pronóstico escogido.

De tal forma en que se utilizó con las Poruñas el método de ARIMA (modelo auto regresivo integrado de media móvil) para estimar la demanda futura, se realizara de igual forma con el resto de los artículos del catálogo a pronosticar, adoptando las ventajas que entregan los artículos (dado el rubro de la empresa) los cuales entregan una estacionalidad en gran mayoría de 12 meses incluso llegando a 13 en otros.

A continuación, se presenta la demanda anual del catálogo de artículos, estos valores son el resultado entregado por Crystal Ball.

| Código | Articulo | Demanda |
|-----------|--------------------|-------------|
| 15 | Aerímetro | 104 |
| 11 | Molde Cilíndrico | 235 |
| 18 | Piscinas | 273 |
| 13 | Molde Prismático | 171 |
| 8 | Cono | 175 |
| 1 | Carretillas | 457 |
| 12 | Molde Cúbico | 92 |
| 14 | Medida volumétrica | 91 |
| 9 | Pisón | 367 |
| 2 | Palas | 1069 |
| 3 | Motor Vibrador 1 | 22 |
| 17 | Cono reducido | 97 |
| 6 | Balde | 1139 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 12 |
| 16 | Balanza | 104 |
| 19 | Termómetro | 225 |
| 5 | Poruñas | 648 |
| 7 | Llana | 673 |
| 10 | Placa | 144 |

Tabla 9: Pronóstico anual para el próximo periodo

Fuente: elaboración propia.

7.2 Desarrollo del método de inventario

Luego de calcular las cantidades con las que se deberá enfrentar la demanda para el siguiente periodo es necesario cuantificar los valores de las siguientes variables:

- Costo total
- Costo de compra anual
- Costo de pedido
- Número de pedidos
- Costo anual de mantenimiento
- Inventario promedio
- Costo por pedido
- Cantidad optima de pedido
- Costo anual del pedido

Considerando la situación y el rubro de la empresa se hace necesario recurrir al modelo de cantidad fija de pedido el cual posee características que calzan con las necesidades de la organización dada el requerimiento de un frecuente control de inventario, variabilidad en la frecuencia con la que se realizan los pedidos, consideración de artículos críticos los cuales son esenciales para efectuar el servicio, así como otras características propias del modelo EOQ.

Para cuantificar los costos se debió considerar situaciones esenciales como el solo hecho de poseer inventario, gastos del lugar físico para aprovisionar este, personal necesario para vigilar y controlar la entrada y salida de artículos, limpieza y tiempos de registro. Bajo estos puntos es que la empresa considera el costo de mantención equivalente al 7% de cada servicio realizado para efectos de simplificar el cálculo para todo usuario que utilice el modelo. Este costo recibirá el nombre de costo anual de mantenimiento (H).

Para continuar con el costo de pedido (S) se debe tener presente que este considera todo costo de oficina y administrativo. Ambos puntos son fundamentales para llevar cabo la compra, lo que implica a su vez todos los procesos previos a esto como lo son la orden de compra, conteo de artículos y el cálculo necesario para conocer la cantidad de artículos que se deben solicitar. Además, se debe incluir los costos en servicios utilizados para efectuar los pedidos como las llamadas telefónicas y conexión a redes de internet. Este cálculo de este costo se efectuó arbitrariamente como el 22% del valor de cada servicio realizado.

En cuanto a la cantidad de pedido se utiliza la ecuación que indica el óptimo de unidades que se deben solicitar, minimizando los costos relacionados con el inventario y garantizando la cantidad adecuada para enfrentar la demanda el tiempo suficiente hasta llegar al nuevo punto de reorden cual se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

A continuación, se presenta la tabla que contiene las cantidades óptimas de artículos a solicitar para el periodo:

| Código | Descripción | Precios | Costo de ordenar o hacer un pedido (S) | Costo anual de mantenimiento (H) | Q óptimo |
|--------|--------------------|------------|--|----------------------------------|----------|
| 11 | Molde Cilíndrico | \$ 163.560 | \$ 35.983 | \$ 11.449 | 39 |
| 15 | Aerímetro | \$ 338.400 | \$ 74.448 | \$ 23.688 | 26 |
| 13 | Molde Prismático | \$ 178.600 | \$ 39.292 | \$ 12.502 | 33 |
| 18 | Piscinas | \$ 112.800 | \$ 24.816 | \$ 7.896 | 42 |
| 8 | Cono | \$ 131.600 | \$ 28.952 | \$ 9.212 | 34 |
| 1 | Carretillas | \$ 47.940 | \$ 10.547 | \$ 3.356 | 54 |
| 12 | Molde Cúbico | \$ 172.960 | \$ 38.051 | \$ 12.107 | 25 |
| 14 | Medida volumétrica | \$ 169.200 | \$ 37.224 | \$ 11.844 | 24 |
| 9 | Palas | \$ 33.840 | \$ 7.445 | \$ 2.369 | 49 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | \$ 11.280 | \$ 2.482 | \$ 790 | 82 |
| 3 | Pisón | \$ 488.781 | \$ 107.532 | \$ 34.215 | 12 |
| 17 | Cono reducido | \$ 84.600 | \$ 18.612 | \$ 5.922 | 25 |
| 6 | Balde | \$ 5.640 | \$ 1.241 | \$ 395 | 85 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | \$ 394.800 | \$ 86.856 | \$ 27.636 | 9 |
| 16 | Balanza | \$ 56.400 | \$ 12.408 | \$ 3.948 | 26 |
| 19 | Termómetro | \$ 26.320 | \$ 5.790 | \$ 1.842 | 38 |
| 5 | Poruñas | \$ 7.520 | \$ 1.654 | \$ 526 | 64 |
| 7 | Llana | \$ 6.580 | \$ 1.448 | \$ 461 | 66 |
| 10 | Placa | \$ 18.800 | \$ 4.136 | \$ 1.316 | 31 |

Tabla 10: Cantidades óptimas a pedir por cada artículo

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente al cálculo realizado de las cantidades óptimas a pedir de cada artículo se debe determinar el número de veces que se deben solicitar los artículos durante el año, considerando que, en la situación actual, la empresa realiza múltiples pedidos en distintos momentos en el año, de los cuales no lleva registro.

Para abordar esta situación se debe conocer la fórmula $F = D/Q$, esta nos entregará la cantidad de situaciones durante el año en que se deba realizar pedidos de inventario.

En primer lugar, se debe calcular el inventario promedio, información que se puede obtener mediante la cantidad óptima de artículos en el inventario y queda definido por la siguiente fórmula:

$$\bar{d} = \frac{Q_{opt}}{2}$$

Paralelamente a este resultado se deben considerar los tiempos de respuesta de los proveedores, los cuales para la situación de empresa se fijaron en un plazo de 7 días. Este periodo incluye desde el momento en que se detecta la falta del artículo hasta el punto en que efectúa el reorden.

Posteriormente al tiempo obtenido de los proveedores se les asignará la cantidad de situaciones en que deberá solicitar artículos del inventario a fin de disponer, en cualquier momento del año, unidades para lograr satisfacer la demanda pronosticada.

Para dicho procedimiento se utilizará la siguiente fórmula:

$$R = \bar{d}l$$

El resultado del tiempo de reposición para cada artículo del inventario se puede observar en la siguiente tabla:

| Código | Descripción | Demanda anual Pronosticada (D) | Cantidad de pedidos | Inventario Promedio (d) | Q óptimo | Tiempo de respuesta del proveedor | Punto de reorden |
|--------|--------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|------------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 235 | 7 | 118 | 39 | 0,25 | 1 |
| 15 | Aerímetro | 104 | 4 | 52 | 26 | 0,25 | 1 |
| 13 | Molde Prismático | 171 | 6 | 86 | 33 | 0,25 | 1 |
| 18 | Piscinas | 273 | 7 | 137 | 42 | 0,25 | 1 |
| 8 | Cono | 175 | 6 | 88 | 34 | 0,25 | 1 |
| 1 | Carretillas | 457 | 9 | 229 | 54 | 0,25 | 2 |
| 12 | Molde Cúbico | 92 | 4 | 46 | 25 | 0,25 | 1 |
| 14 | Medida volumétrica | 91 | 4 | 46 | 24 | 0,25 | 1 |
| 9 | Palas | 367 | 8 | 184 | 49 | 0,25 | 2 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 1069 | 14 | 535 | 82 | 0,25 | 2 |
| 3 | Pisón | 22 | 2 | 11 | 12 | 0,25 | 1 |
| 17 | Cono reducido | 97 | 4 | 49 | 25 | 0,25 | 1 |
| 6 | Balde | 1139 | 14 | 570 | 85 | 0,25 | 2 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 12 | 2 | 6 | 9 | 0,25 | 1 |
| 16 | Balanza | 104 | 4 | 52 | 26 | 0,25 | 1 |
| 19 | Termómetro | 225 | 6 | 113 | 38 | 0,25 | 1 |
| 5 | Poruñas | 648 | 11 | 324 | 64 | 0,25 | 2 |
| 7 | Llana | 673 | 11 | 337 | 66 | 0,25 | 2 |
| 10 | Placa | 144 | 5 | 72 | 31 | 0,25 | 1 |

Tabla 11: Cantidad de pedidos a realizar, la demanda, el punto de reorden y la cantidad de artículos

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, esta tabla resulta en una guía para comenzar, en primera instancia, con las operaciones y dimensionar las situaciones en que se deberá solicitar artículos a los proveedores.

Adicionalmente a estos artículos se debe incluir el inventario de seguridad para responder ante variaciones de aumento en la demanda, para ello se utilizó dicha variación correspondiente a la desviación estándar con nivel de satisfacción del 95% y $Z=1.64$.

7.3 Validación de modelos de inventario y pronóstico.

7.3.1. Validación del método de pronóstico

En primer lugar, se debe considerar que la empresa no destina recursos y tampoco posee conocimientos para pronosticar las demandas futuras, por esta razón es que es el primer criterio de validación ya que todo método generara un plus dentro de la organización siempre y cuando impulse la toma decisiones y su implementación sea factible dadas las condiciones en que se encuentra la empresa tanto en conocimientos como experiencias.

Dado que el objetivo del trabajo es realizar un pronóstico de la demanda a mediano plazo, es por esta razón que los métodos que se descartan de inmediato son el promedio móvil simple y ponderado ya que estos pronostican para un periodo próximo inmediato según el comportamiento de la curva.

Es por esto por lo que la manera de seleccionar el método queda condicionada por el resultado de los indicadores: error porcentual absoluto medio (MAPE), desviación absoluta media (MAD), raíz del error cuadrático medio (RMSE) y U. de Theil.

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre dos insumos:

| Statistic | Historical Data |
|-----------------------|-------------------|
| Number of Data Values | 36 |
| Minimum | 0,00 |
| Mean | 21,50 |
| Maximum | 45,00 |
| Standard Deviation | 10,60 |
| Ljung-Box | 58,21 |
| Seasonality | 12 |
| Statistic | Forecast Accuracy |
| RMSE | 4,82 |
| MAD | 4,01 |
| MAPE | 18,02% |
| Theil's U | 0,4269 |
| Durbin-Watson | 2,01 |
| Statistic | ARIMA |
| Transformation Lambda | 1,00 |
| BIC | 3,44 |

| Statistic | Historical Data |
|-----------------------|-------------------|
| Number of Data Values | 36 |
| Minimum | 0,00 |
| Mean | 21,50 |
| Maximum | 45,00 |
| Standard Deviation | 10,60 |
| Ljung-Box | 58,21 |
| Seasonality | 12 |
| Statistic | Forecast Accuracy |
| RMSE | 9,85 |
| MAD | 8,35 |
| MAPE | 34,98% |
| Theil's U | * 1,03 |
| Durbin-Watson | 1,95 |
| Method Parameter | Value |
| Alpha | 0,9462 |

Comparación del artículo Aerómetro entre los pronósticos ARIMA y suavizado exponencial respectivamente

Fuente: Crystal Ball

A primera vista se observa que existe diferencia entre los métodos, especialmente en U. de Theil el cual es el indicador que valida el pronóstico siempre y cuando este valor sea menor a 1.

Además, utilizando el método suavizado exponencial se obtiene un RMSE de 10 unidades (aproximado de 9,8) lo cual para este artículo no es aceptable por parte de la empresa debido al costo que implica.

7.3.2. Validación del método de inventario

7.3.2.1 Criterios para la selección de modelo de inventario

Considerando la situación de la empresa se establecen 5 criterios clave en la selección del método de inventario. Los factores que se tomaron en consideración fueron los recursos que pretende destinar, la viabilidad del método según las condiciones de la empresa y el control que obtiene con respecto al inventario.

Los criterios están establecidos de manera ascendente en donde el numero 4 representa la relevancia y el ajuste que tiene el criterio sobre el modelo en las condiciones que entrega la empresa. Por otro lado, el numero 1 representa la irrelevancia y completo desajuste con el modelo, por lo tanto, el modelo que obtenga mayor puntaje será el seleccionado para ser incorporado en el desarrollo de este trabajo.

A continuación, se presenta la tabla con el resultado del análisis de acuerdo con los criterios establecidos:

| | Modelo de periodo unico | Modelo Q | Modelo P |
|--|-------------------------|----------|----------|
| Facilidad de implantación | 4 | 4 | 4 |
| Se ajusta con el tipo de demanda | 1 | 4 | 1 |
| Se ajusta a las condiciones de la empresa | 1 | 3 | 2 |
| Permite un correcto control del inventario | 1 | 4 | 3 |
| Permite alertas anticipadas al quiebre de inventario | 1 | 4 | 2 |
| | 7 | 18 | 12 |

Tabla 12: Criterios de selección de modelos de inventario

Fuente: elaboración propia

Se puede observar claramente que el modelo Q es el que mejor se ajusta, dado los criterios mencionados, a la situación de la organización.

En primer lugar, la facilidad de implantación debe ser clave para cada modelo, en donde todos obtuvieron alto puntaje. Sin embargo, en el segundo criterio que corresponde al ajuste con el tipo de demanda es donde el modelo de cantidad fija obtuvo mayor puntaje debido a que responde de mejor manera ante variaciones en la demanda.

El tercer criterio hace referencia a las condiciones de la empresa, la cuales son la frecuencia del control de inventario que requieren realizar, el tipo de servicio que entrega y la relevancia de algunos artículos del inventario en el servicio ofrecido. Bajo estas condiciones el modelo Q nuevamente lidera el puntaje ya que permite un control de inventario más frecuente, además de poner en alerta de manera anticipada cuando se produce un punto de reorden. Además, considera el tipo de servicio, en el cual se requieren artículos del inventario que son fundamentales para efectuar el muestreo de hormigón.

El cuarto criterio es fundamental para evitar la situación que sufre actualmente la empresa, por ende, es necesario que el criterio se ajuste completamente, como es el caso del modelo Q que permite un control de inventario en la medida que se utilizan los artículos durante el periodo.

Finalmente se necesitan alertas tempranas ante artículos faltantes del inventario, esto además de permitir una compra anticipado y evitar costos mayores también permite disponer de los artículos esenciales en los momentos que se requieren en el muestro de hormigón, logrando

Una vez realizado el análisis del pronóstico se obtiene una visión de la demanda que se espera en el futuro, por lo que facilita el proceso de reorden en el inventario, contando con el material adecuado en los periodos correctos.

Este proceso resulta a la empresa en un ahorro por compras planificadas de inventario el cual alcanza el monto de \$92.606.964 de pesos anuales, además, estas compras anticipadas resultan en un incremento en las ventas realizadas, ya que al poseer el inventario adecuado en las cantidades correctas se puede responder en mayor cantidad a la demanda presente, reduciendo la cantidad de servicios solicitados a los cuales no se logró efectuar muestreo de hormigón por falta de artículos del inventario.

Capítulo 8: Evaluación de la propuesta

8.1 Evaluación económica

Con el propósito de evidenciar y justificar la viabilidad de la propuesta se deberá realizar la evaluación económica a fin de dimensionar el impacto que provoca y demostrar el incremento en la utilidad de la empresa. Para ello se realizará la proyección del flujo de caja de 5 años a partir del año 2018.

Al considerar los costos estos se desglosan en las remuneraciones, los costos de adquisición y las depreciaciones, además de incluir los gastos básicos del departamento y otros costos como arriendo de vehículos, etc.

Para realizar las proyecciones de los próximos 5 años se debe considerar un incremento del 4% anual en las remuneraciones de los empleados, insumos y variados servicios gracias a información histórica proporcionada por la organización.

El impuesto utilizado en el flujo de caja para el horizonte de evaluación es de un 27%. A su vez la tasa de descuento para el proyecto es de un 25%¹.

Las remuneraciones incluyen salarios de administrativos, personal del laboratorio, inspectores y jefes dentro del departamento de estructuras y materiales.

En cuanto a los costos de adquisición estos corresponden al costo de compra de cada insumo.

En otros costos se incorporan los costos de gastos básicos (energía eléctrica, agua potable, etc.) además de otros como arriendo, seguridad, distintos servicios contratados, etc.

¹ Dada la confidencialidad del trabajo de título solo se conoce el valor de este porcentaje, desconociendo el cálculo para llegar a este valor.

A continuación, se presenta el flujo de caja comparando la situación actual de la organización, la cual se denomina “Sin proyecto”, versus el pronóstico del trabajo de título llamado “Con proyecto”, con un horizonte de proyección de 5 años:

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ingresos | | | | | | |
| Ingresos sin proyecto | 2.425.479.479 | 2.668.027.427 | 2.934.830.170 | 3.228.313.187 | 3.551.144.505 | |
| Ingresos con proyecto | 2.648.704.199 | 2.913.574.619 | 3.204.932.081 | 3.525.425.289 | 3.877.967.818 | |
| Diferencia ingresos | 223.224.720 | 245.547.192 | 270.101.911 | 297.112.102 | 326.823.313 | |
| Costos | | | | | | |
| Costos sin proyecto | -1.532.519.071 | -1.606.278.476 | -1.684.854.456 | -1.768.645.647 | -1.858.087.834 | |
| Costos con proyecto | -1.464.342.171 | -1.531.270.495 | -1.602.332.287 | -1.677.857.870 | -1.758.207.889 | |
| Diferencia egresos | 68.176.900 | 75.007.981 | 82.522.169 | 90.787.777 | 99.879.945 | |
| UAI | 291.401.620 | 320.555.173 | 352.624.080 | 387.899.879 | 426.703.258 | |
| Impuesto | -78.678.437 | -86.549.897 | -95.208.502 | -104.732.967 | -115.209.880 | |
| UDI | 212.723.183 | 234.005.276 | 257.415.578 | 283.166.912 | 311.493.378 | |
| Depreciación | 133.905 | 133.905 | 133.905 | 133.905 | 133.905 | |
| Inversión | -669.524 | | | | | |
| Liquidación proyecto | | | | | | 0 |
| Flujo de caja | -669.524 | 212.857.087 | 234.139.181 | 257.549.483 | 283.300.816 | 311.627.283 |
| VAN | 669.484.600 | | | | | |

Tabla 13: Flujo de caja

Fuente: elaboración propia

Además, se debe considerar las depreciaciones de algunos equipos utilizados para realizar el servicio y el impuesto que debe pagar la empresa. En cuanto a la depreciación del software se esta se realizó considerando el patrón de uso para el horizonte de evaluación el cual es constante en todos los años, resultando en una depreciación simple con un valor residual final de cero.

Como se puede apreciar los costos de adquisición disminuyen considerablemente, esto debido a que utilizando los métodos de pronóstico se puede conocer la cantidad exacta de insumos para cubrir la demanda de servicios del periodo, evitando incurrir en gastos adicionales por compras posteriores que no fueron consideradas.

Además, se incluyen una inversión la que corresponde a la licencia del software Crystal Ball por un monto de \$669.524 pesos.

8.3 Impacto de la propuesta de mejora

Al realizar el flujo para el periodo de los próximos 5 años incluyendo los ingresos y costos de la situación sin proyecto y aquella que incluye el proyecto resulta en una diferencia de VAN que alcanza el valor de \$669.484.600 pesos. Esto corresponde al monto del ahorro que puede alcanzar la organización al incluir las propuestas mencionadas en este trabajo, como corregir los problemas de las compras que se realizan para los insumos necesarios.

A través del horizonte de evaluación de 5 años se logró aumentar la utilidad en 600.484.600 pesos durante los 5 años, podemos ver que la utilidad fue aumentando un 10% aproximado anualmente.

Estos problemas en su gran medida afectaron al departamento de estructuras y materiales desembolsando una mayor cantidad de dinero por una mala planificación, lo que repercute directamente a los clientes debido a que muchos de estos se vieron afectados por el incumplimiento en la prestación de servicios acudiendo a la competencia o retrasando el proceso de construcción.

Esta propuesta considera el beneficio de anticiparse al comportamiento de la demanda para así evitar los quiebres de inventario, el cual es la causa raíz del problema, lo que se traduce en un aumento en la utilidad, debido a que se abordaron dos temas importantes como los costos de inventario fueron reducidos, tales como costos de adquisición y los costos por faltantes, y como segundo factor tenemos las ventas, las cuales crecieron debido al cumplimiento de las políticas de inventario lo que llevo a cumplir correctamente con la prestación de servicios, atendiendo al 80% de estos.

Capítulo 9: Plan de implementación de la propuesta.

En primer lugar, para garantizar la eficacia del trabajo y las propuestas que se plantean es necesaria la confianza de la empresa en los resultados presentados dado que la gestión que se debe realizar contempla el trabajo en conjunto de distintos profesionales a lo largo de la estructura organizacional.

9.1 Políticas de inventario y abastecimiento.

Para todos los insumos presentados se considera un periodo equivalente a 1 año utilizando los últimos periodos para la creación del pronóstico con el fin de dar mayor importancia.

Con el propósito de mantener activo el control de inventario se debe generar un registro por cada salida y entrada que se efectúen de estos. El abastecimiento del inventario seguirá las líneas que propone el pronóstico, asumiendo que comportamiento de la demanda es predecible para los siguientes periodos.

En un escenario que no presenta cambios en el precio, las cantidades de los insumos se deben trabajar en los límites indicados. De lo contrario frente a variaciones en el precio u oferta de insumos se deberá evaluar y flexibilizar las cantidades a pedir, siempre considerando que uno del objetivo de la gestión de inventario es evitar incurrir en gastos por compras no planificadas.

Los pronósticos para los siguientes periodos se deberán realizar con la extensión de Microsoft Excel, Crystal Ball. Esto con el propósito de continuar con la línea de trabajo además de la comodidad y facilidad que propone este software.

A fin de mantener las operaciones normales y seguras se deberá incurrir y mantener un inventario de seguridad, con las cantidades que indica el modelo.

Jefes de división en conjunto con el jefe de operaciones deberán determinar el periodo y la frecuencia para realizar el conteo de insumos, sujetos a la frecuencia que requiere el modelo. Además, se deben considerar revisiones extraordinarias para aquellos insumos de clasificación A, debido a que poseen mayor incidencia en el servicio, así como en costo de insumos.

9.2 Requisitos de las propuestas de mejora

En primer lugar, el requisito fundamental para realizar el pronóstico de los periodos futuros es contar con el software adecuado. Se recomienda utilizar Crystal Ball el cual posee actualmente un costo de \$669.524 pesos. Este costo resulta menor en comparación al costo total por comprar insumos no planificados. A esto se debe añadir el impacto que resulta poseer las cantidades adecuadas de insumos para responder a la demanda a lo largo de cada periodo.

Adicionalmente se debe destinar una bodega adecuada para disponer de todos los insumos, la cual mantendrá un control de cada ingreso y salida de artículos

Se debe estipular un procedimiento para la reparación de los insumos, evaluando el daño que posee y el costo de reparación, con esto se busca evitar la compra frecuente insumos por daños sufridos en obra o en el laboratorio.

9.3 Procedimiento de la propuesta

En primer lugar, para comenzar el proceso se debe recopilar la información correspondiente a los servicios realizados por el departamento a lo largo de los periodos que ha tenido. Además de información del inventario que poseía en dichos periodos.

Posteriormente se debe realizar una clasificación ABC de estos insumos según el costo de cada uno por la cantidad demandada por cada periodo, es decir anualmente.

Luego se debe observar la información recolectada y ver si la demanda del servicio presenta estacionalidad, como fue indicado anteriormente esta comienza en el mes de diciembre y finaliza en marzo presentando su mayor demanda, luego llegando su más baja demanda en los meses de julio y agosto, para luego incrementarse gradualmente. Por ende, existe una tendencia de la empresa correspondiente a 12 meses. Dada las características de la situación que se presenta en la empresa, el método que se sugiere utilizar es ARIMA el cual indicará la demanda para cada periodo. Con esta información se espera obtener la demanda para dicho periodo.

Una vez obtenida la demanda para el periodo se puede pasar al cálculo, utilizando el modelo Q, de las cantidades adecuadas de insumos que se deben solicitar. Luego de conocer las cantidades de insumos adecuados se procede determinar los puntos de reorden de cada insumo, incluyendo el inventario de seguridad que requieran.

Este proceso se debe realizar para cada periodo, es decir, pronosticar la demanda para 12 meses, actualizando constantemente los datos al comenzar cada periodo. Para ello, además, se deberá considerar el comportamiento de la demanda e incluyendo en la toma de decisiones el uso de herramientas operacionales.

Conclusión

Objetivos específicos:

- 1) Según lo visto en el capítulo 2, podemos concluir que se **realizó un análisis del sistema de control de inventario actual** y esto debido a que mediante la investigación posterior se concluyó que la empresa no posee un sistema de control de inventario.
- 2) Además, se **determinó y se propuso un modelo de inventario y de pronóstico de la demanda adecuado a la situación de la organización**, el cual consiste en utilizar un modelo de cantidad de periodo fija (Q) considerando inventario de seguridad y el pronóstico de la demanda utilizando un software Crystal Ball, bajo el método ARIMA.
- 3) Posteriormente se **validó el modelo de inventario y de pronóstico determinados**, debido a la utilización de indicadores como la U. de Theil para los pronósticos y para el modelo de inventario se establecieron criterios con ponderaciones, lo cual se puede ver en el capítulo 7, específicamente en el punto 7.3.
- 4) Por último, **evaluamos económicamente el modelo de control de inventario**, con el cual concluimos que esto es rentable según el capítulo 8. Logrando determinar un aumento de la utilidad en un 24,5%.

Por lo tanto, hemos logrado nuestro objetivo general **Diseñar y proponer un sistema de control de inventario para aumentar la utilidad en el departamento de estructuras y materiales.**

Referencias

Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro*. (5a. ed.): Editorial Prentice Hall.

Chase, R., Jacobs, R. & Aquilano, N. (2009). *Administración de la producción y operaciones y cadena de suministro* (12a. ed.). México: Editorial McGraw Hill.

Everett A., Ronald E. (1991). *Administración de la producción y operaciones: conceptos, modelos y comportamiento humano*.

Heizer, J. y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y operaciones: decisiones tácticas*. (8a. ed.) México: Editorial Prentice Hall.

Heizer, J. y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y operaciones: decisiones estratégicas*. (8a. ed.) México: Editorial Prentice Hall.

Schroeder R. (2003). *Administración de operaciones* (3ra. ed.)

Vidal, C (2005). *Fundamentos de gestión de inventarios*. Colombia: Universidad del Valle.

Zapata, J. (2014). *Fundamentos de la gestión de inventarios*. Medellín: Centro Editorial Esumer.

Anexos

Anexo 1: Clasificación ABC

| Código | Descripción | Totales Anuales | Precios | P*Q | % | %acu | Clase |
|--------|--------------------|-----------------|------------|---------------|--------|---------|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 225 | \$ 163.560 | \$ 36.801.000 | 12,65% | 12,65% | A |
| 15 | Aerímetro | 102 | \$ 338.400 | \$ 34.516.800 | 11,86% | 24,51% | A |
| 13 | Molde Prismático | 186 | \$ 178.600 | \$ 33.219.600 | 11,42% | 35,93% | A |
| 18 | Piscinas | 279 | \$ 112.800 | \$ 31.471.200 | 10,82% | 46,74% | A |
| 8 | Cono | 180 | \$ 131.600 | \$ 23.688.000 | 8,14% | 54,88% | A |
| 1 | Carretillas | 450 | \$ 47.940 | \$ 21.573.000 | 7,41% | 62,30% | A |
| 12 | Molde Cúbico | 90 | \$ 172.960 | \$ 15.566.400 | 5,35% | 67,65% | A |
| 14 | Medida volumétrica | 90 | \$ 169.200 | \$ 15.228.000 | 5,23% | 72,88% | A |
| 2 | Palas | 1050 | \$ 11.280 | \$ 11.844.000 | 4,07% | 76,95% | A |
| 3 | Motor Vibrador 1 | 24 | \$ 488.781 | \$ 11.730.749 | 4,03% | 80,98% | B |
| 9 | Pisón | 360 | \$ 33.840 | \$ 12.182.400 | 4,19% | 85,17% | B |
| 17 | Cono reducido | 96 | \$ 84.600 | \$ 8.121.600 | 2,79% | 87,96% | B |
| 6 | Balde | 1140 | \$ 5.640 | \$ 6.429.600 | 2,21% | 90,17% | B |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 15 | \$ 394.800 | \$ 5.922.000 | 2,04% | 92,21% | B |
| 16 | Balanza | 105 | \$ 56.400 | \$ 5.922.000 | 2,04% | 94,24% | B |
| 19 | Termómetro | 189 | \$ 26.320 | \$ 4.974.480 | 1,71% | 95,95% | C |
| 5 | Poruñas | 618 | \$ 7.520 | \$ 4.647.360 | 1,60% | 97,55% | C |
| 7 | Llana | 672 | \$ 6.580 | \$ 4.421.760 | 1,52% | 99,07% | C |
| 10 | Placa | 144 | \$ 18.800 | \$ 2.707.200 | 0,93% | 100,00% | C |

Anexo 2: Inventario• **Año 2015**

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 6 | 12 | 21 | 24 | 15 | 12 | 3 | 12 | 12 | 21 | 12 | 18 | 168 |
| 15 | Aerímetro | 3 | 6 | 9 | 9 | 9 | 6 | 0 | 6 | 6 | 9 | 6 | 9 | 78 |
| 13 | Molde Prismático | 6 | 9 | 15 | 15 | 15 | 9 | 3 | 9 | 9 | 15 | 9 | 15 | 129 |
| 18 | Piscinas | 9 | 18 | 27 | 27 | 27 | 18 | 3 | 18 | 18 | 27 | 18 | 27 | 237 |
| 8 | Cono | 6 | 12 | 18 | 18 | 18 | 12 | 3 | 12 | 12 | 18 | 12 | 18 | 159 |
| 1 | Carretillas | 15 | 30 | 48 | 45 | 42 | 30 | 12 | 36 | 30 | 48 | 33 | 45 | 414 |
| 12 | Molde Cúbico | 3 | 3 | 9 | 3 | 6 | 0 | 0 | 3 | 6 | 9 | 6 | 9 | 57 |
| 14 | Medida volumétrica | 3 | 9 | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | 9 | 6 | 12 | 9 | 9 | 87 |
| 9 | Palas | 12 | 21 | 39 | 30 | 33 | 24 | 6 | 12 | 18 | 30 | 36 | 42 | 303 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 30 | 69 | 108 | 105 | 111 | 63 | 24 | 54 | 66 | 108 | 72 | 108 | 918 |
| 3 | Pisón | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 15 |
| 17 | Cono reducido | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 6 | 3 | 9 | 6 | 12 | 6 | 9 | 96 |
| 6 | Balde | 42 | 93 | 117 | 120 | 135 | 87 | 21 | 78 | 93 | 120 | 78 | 132 | 1116 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 10 |
| 16 | Balanza | 3 | 12 | 6 | 6 | 9 | 0 | 3 | 3 | 6 | 9 | 6 | 9 | 72 |
| 19 | Termómetro | 3 | 12 | 15 | 18 | 12 | 12 | 3 | 0 | 6 | 9 | 15 | 18 | 123 |
| 5 | Poruñas | 21 | 45 | 63 | 45 | 54 | 39 | 6 | 15 | 42 | 66 | 30 | 51 | 477 |
| 7 | Llana | 24 | 48 | 60 | 66 | 57 | 48 | 9 | 24 | 39 | 60 | 51 | 75 | 561 |
| 10 | Placa | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 9 | 3 | 6 | 9 | 15 | 12 | 15 | 114 |

- **Año 2016**

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 9 | 18 | 21 | 18 | 15 | 12 | 3 | 9 | 21 | 18 | 18 | 24 | 186 |
| 15 | Aerímetro | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 | 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | 9 | 12 | 78 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | 12 | 21 | 18 | 24 | 15 | 6 | 15 | 12 | 21 | 12 | 21 | 186 |
| 18 | Piscinas | 12 | 21 | 30 | 30 | 27 | 24 | 0 | 6 | 21 | 33 | 30 | 39 | 273 |
| 8 | Cono | 9 | 18 | 24 | 15 | 6 | 12 | 9 | 9 | 18 | 18 | 18 | 21 | 177 |
| 1 | Carretillas | 15 | 33 | 51 | 48 | 39 | 27 | 9 | 24 | 36 | 54 | 36 | 48 | 420 |
| 12 | Molde Cúbico | 6 | 3 | 12 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 | 12 | 15 | 72 |
| 14 | Medida volumétrica | 6 | 12 | 12 | 9 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 | 15 | 12 | 87 |
| 9 | Palas | 21 | 30 | 42 | 36 | 27 | 18 | 9 | 12 | 24 | 36 | 39 | 30 | 324 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 27 | 72 | 114 | 90 | 96 | 60 | 30 | 57 | 72 | 102 | 114 | 129 | 963 |
| 3 | Pisón | 3 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 18 |
| 17 | Cono reducido | 6 | 12 | 9 | 15 | 6 | 3 | 3 | 0 | 15 | 9 | 9 | 12 | 99 |
| 6 | Balde | 45 | 78 | 117 | 135 | 132 | 90 | 30 | 0 | 99 | 126 | 135 | 141 | 1128 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 |
| 16 | Balanza | 6 | 12 | 9 | 6 | 9 | 0 | 3 | 6 | 9 | 9 | 12 | 12 | 93 |
| 19 | Termómetro | 6 | 15 | 15 | 18 | 15 | 12 | 6 | 3 | 6 | 12 | 15 | 18 | 141 |
| 5 | Poruñas | 24 | 51 | 69 | 48 | 57 | 42 | 6 | 12 | 51 | 69 | 33 | 57 | 519 |
| 7 | Llana | 27 | 54 | 69 | 75 | 60 | 57 | 15 | 27 | 42 | 69 | 54 | 78 | 627 |
| 10 | Placa | 6 | 18 | 12 | 9 | 9 | 12 | 3 | 3 | 9 | 15 | 15 | 21 | 132 |

- **Año 2017**

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | TOTAL |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 12 | 21 | 27 | 18 | 18 | 0 | 6 | 24 | 15 | 27 | 27 | 30 | 225 |
| 15 | Aerímetro | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 3 | 0 | 6 | 9 | 12 | 12 | 15 | 102 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | 12 | 21 | 18 | 24 | 15 | 6 | 15 | 12 | 21 | 12 | 21 | 186 |
| 18 | Piscinas | 15 | 24 | 33 | 36 | 24 | 21 | 6 | 3 | 12 | 24 | 36 | 45 | 279 |
| 8 | Cono | 15 | 18 | 24 | 15 | 6 | 3 | 6 | 12 | 24 | 18 | 18 | 21 | 180 |
| 1 | Carretillas | 27 | 42 | 51 | 45 | 39 | 24 | 18 | 24 | 33 | 45 | 48 | 54 | 450 |
| 12 | Molde Cúbico | 9 | 6 | 9 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 21 | 15 | 90 |
| 14 | Medida volumétrica | 15 | 9 | 12 | 6 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 | 15 | 12 | 90 |
| 9 | Palas | 27 | 36 | 42 | 36 | 27 | 18 | 9 | 12 | 33 | 36 | 51 | 33 | 360 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 51 | 90 | 126 | 102 | 96 | 60 | 30 | 63 | 75 | 99 | 126 | 132 | 1050 |
| 3 | Pisón | 6 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 24 |
| 17 | Cono reducido | 9 | 9 | 12 | 15 | 9 | 3 | 3 | 0 | 6 | 9 | 9 | 12 | 96 |
| 6 | Balde | 42 | 84 | 111 | 138 | 135 | 96 | 33 | 36 | 69 | 126 | 138 | 132 | 1140 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 15 |
| 16 | Balanza | 9 | 15 | 6 | 6 | 9 | 0 | 3 | 3 | 12 | 9 | 15 | 18 | 105 |
| 19 | Termómetro | 12 | 18 | 21 | 27 | 15 | 18 | 9 | 6 | 9 | 18 | 21 | 15 | 189 |
| 5 | Poruñas | 45 | 78 | 75 | 51 | 57 | 39 | 12 | 12 | 57 | 75 | 48 | 69 | 618 |
| 7 | Llana | 45 | 63 | 66 | 84 | 69 | 54 | 15 | 18 | 42 | 63 | 78 | 75 | 672 |
| 10 | Placa | 9 | 21 | 15 | 6 | 9 | 6 | 6 | 3 | 12 | 18 | 18 | 21 | 144 |

Anexo 3: Modelo EOQ para todos los artículos

- Primera parte

| Código | Descripción | Precios | Demanda anual Pronosticada (D) | Óptimo | Cantidad de pedidos | Costo por pedido (\$*D/Q) | Costo anual de pedido | Inventario Promedio (d) | Costo de compra anual |
|--------|--------------------|------------|--------------------------------------|----------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | \$ 163.560 | 235 | \$ 38.436.600 | 7 | \$ 216.822 | \$ 1.517.753 | 118 | \$ 38.436.600 |
| 15 | Aerímetro | \$ 338.400 | 104 | \$ 35.193.600 | 4 | \$ 297.792 | \$ 1.191.168 | 52 | \$ 35.193.600 |
| 13 | Molde Prismático | \$ 178.600 | 171 | \$ 30.540.600 | 6 | \$ 203.604 | \$ 1.221.624 | 86 | \$ 30.540.600 |
| 18 | Piscinas | \$ 112.800 | 273 | \$ 30.794.400 | 7 | \$ 161.304 | \$ 1.129.128 | 137 | \$ 30.794.400 |
| 8 | Cono | \$ 131.600 | 175 | \$ 23.030.000 | 6 | \$ 149.018 | \$ 894.106 | 88 | \$ 23.030.000 |
| 1 | Carretillas | \$ 47.940 | 457 | \$ 21.908.580 | 9 | \$ 89.257 | \$ 803.315 | 229 | \$ 21.908.580 |
| 12 | Molde Cúbico | \$ 172.960 | 92 | \$ 15.912.320 | 4 | \$ 140.028 | \$ 560.114 | 46 | \$ 15.912.320 |
| 14 | Medida volumétrica | \$ 169.200 | 91 | \$ 15.397.200 | 4 | \$ 141.141 | \$ 564.564 | 46 | \$ 15.397.200 |
| 9 | Palas | \$ 33.840 | 367 | \$ 12.419.280 | 8 | \$ 55.760 | \$ 446.080 | 184 | \$ 12.419.280 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | \$ 11.280 | 1069 | \$ 12.058.320 | 14 | \$ 32.352 | \$ 452.922 | 535 | \$ 12.058.320 |
| 3 | Pisón | \$ 488.781 | 22 | \$ 10.753.186 | 2 | \$ 197.142 | \$ 394.284 | 11 | \$ 10.753.186 |
| 17 | Cono reducido | \$ 84.600 | 97 | \$ 8.206.200 | 4 | \$ 72.215 | \$ 288.858 | 49 | \$ 8.206.200 |
| 6 | Balde | \$ 5.640 | 1139 | \$ 6.423.960 | 14 | \$ 16.627 | \$ 232.774 | 570 | \$ 6.423.960 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | \$ 394.800 | 12 | \$ 4.737.600 | 2 | \$ 115.808 | \$ 231.616 | 6 | \$ 4.737.600 |
| 16 | Balanza | \$ 56.400 | 104 | \$ 5.865.600 | 4 | \$ 49.632 | \$ 198.528 | 52 | \$ 5.865.600 |
| 19 | Termómetro | \$ 26.320 | 225 | \$ 5.922.000 | 6 | \$ 34.285 | \$ 205.712 | 113 | \$ 5.922.000 |
| 5 | Poruñas | \$ 7.520 | 648 | \$ 4.872.960 | 11 | \$ 16.751 | \$ 184.259 | 324 | \$ 4.872.960 |
| 7 | Llana | \$ 6.580 | 673 | \$ 4.428.340 | 11 | \$ 14.761 | \$ 162.372 | 337 | \$ 4.428.340 |
| 10 | Placa | \$ 18.800 | 144 | \$ 2.707.200 | 5 | \$ 19.212 | \$ 96.062 | 72 | \$ 2.707.200 |
| | | | | \$ 289.607.946 | | \$ 2.023.510 | \$ 10.775.238 | | \$ 289.607.946 |

- Segunda parte

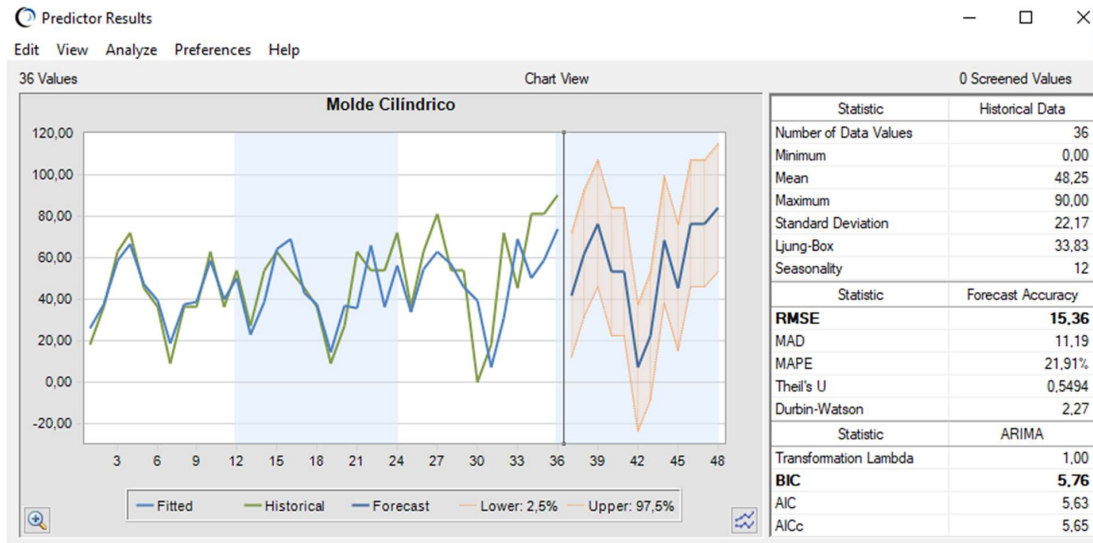
| Código | Descripción | Costo anual de mantenimiento | Costo total | Costo de ordenar o hacer un pedido (S) | Costo anual de mantenimiento (H) | Q óptimo | Tiempo de respuesta del proveedor | Punto de reorden |
|--------|--------------------|------------------------------|-----------------------|--|----------------------------------|----------|-----------------------------------|------------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | \$ 223.259 | \$ 40.177.612,32 | \$ 35.983 | \$ 11.449 | 39 | 0,25 | 1 |
| 15 | Aerímetro | \$ 307.944 | \$ 36.692.712,00 | \$ 74.448 | \$ 23.688 | 26 | 0,25 | 1 |
| 13 | Molde Prismático | \$ 206.283 | \$ 31.968.507,00 | \$ 39.292 | \$ 12.502 | 33 | 0,25 | 1 |
| 18 | Piscinas | \$ 165.816 | \$ 32.089.344,00 | \$ 24.816 | \$ 7.896 | 42 | 0,25 | 1 |
| 8 | Cono | \$ 156.604 | \$ 24.080.709,88 | \$ 28.952 | \$ 9.212 | 34 | 0,25 | 1 |
| 1 | Carretillas | \$ 90.607 | \$ 22.802.501,20 | \$ 10.547 | \$ 3.356 | 54 | 0,25 | 2 |
| 12 | Molde Cúbico | \$ 151.340 | \$ 16.623.773,66 | \$ 38.051 | \$ 12.107 | 25 | 0,25 | 1 |
| 14 | Medida volumétrica | \$ 142.128 | \$ 16.103.892,00 | \$ 37.224 | \$ 11.844 | 24 | 0,25 | 1 |
| 9 | Palas | \$ 58.036 | \$ 12.923.395,86 | \$ 7.445 | \$ 2.369 | 49 | 0,25 | 2 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | \$ 32.374 | \$ 12.543.615,86 | \$ 2.482 | \$ 790 | 82 | 0,25 | 2 |
| 3 | Pisón | \$ 205.288 | \$ 11.352.758,01 | \$ 107.532 | \$ 34.215 | 12 | 0,25 | 1 |
| 17 | Cono reducido | \$ 74.025 | \$ 8.569.083,24 | \$ 18.612 | \$ 5.922 | 25 | 0,25 | 1 |
| 6 | Balde | \$ 16.779 | \$ 6.673.513,08 | \$ 1.241 | \$ 395 | 85 | 0,25 | 2 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | \$ 124.362 | \$ 5.093.578,00 | \$ 86.856 | \$ 27.636 | 9 | 0,25 | 1 |
| 16 | Balanza | \$ 51.324 | \$ 6.115.452,00 | \$ 12.408 | \$ 3.948 | 26 | 0,25 | 1 |
| 19 | Termómetro | \$ 35.006 | \$ 6.162.717,18 | \$ 5.790 | \$ 1.842 | 38 | 0,25 | 1 |
| 5 | Poruñas | \$ 16.845 | \$ 5.074.063,60 | \$ 1.654 | \$ 526 | 64 | 0,25 | 2 |
| 7 | Llana | \$ 15.200 | \$ 4.605.912,27 | \$ 1.448 | \$ 461 | 66 | 0,25 | 2 |
| 10 | Placa | \$ 20.398 | \$ 2.823.659,94 | \$ 4.136 | \$ 1.316 | 31 | 0,25 | 1 |
| | | \$ 2.093.617 | \$ 302.476.801 | | \$ 171.473 | | | |

- Tercera parte

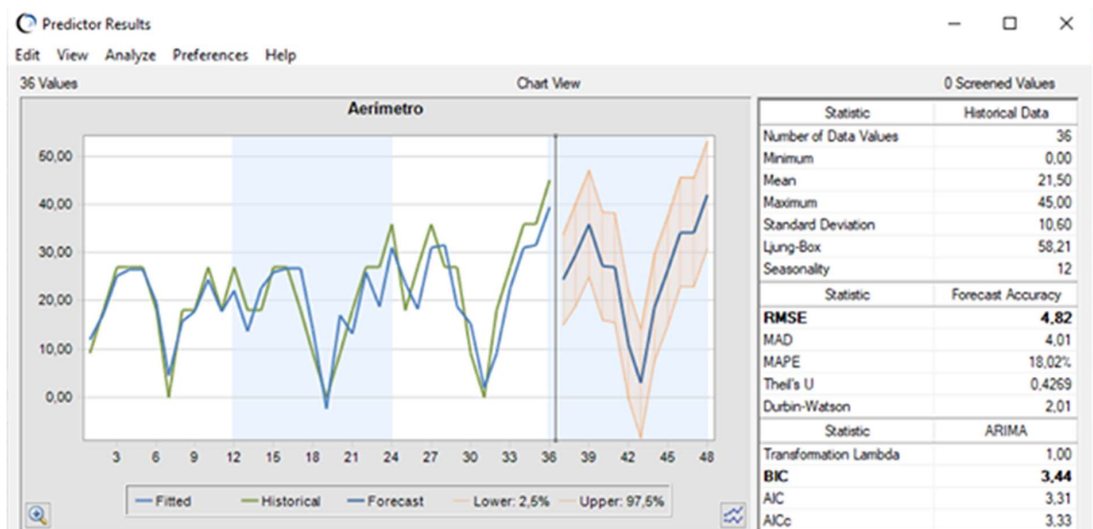
| Código | Descripción | Inventario de seguridad | Costo inventario de seguridad | Desviación estándar | Costo optimo de adquisición | Totales inventario | Acumulado |
|--------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 14 | \$ 2.289.840 | 8 | \$ 40.726.440 | 225 | \$ 36.801.000,00 |
| 15 | Aerímetro | 7 | \$ 2.368.800 | 4 | \$ 37.562.400 | 102 | \$ 34.516.800,00 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | \$ 1.607.400 | 5 | \$ 32.148.000 | 186 | \$ 33.219.600,00 |
| 18 | Piscinas | 19 | \$ 2.143.200 | 11 | \$ 32.937.600 | 279 | \$ 31.471.200,00 |
| 8 | Cono | 10 | \$ 1.316.000 | 6 | \$ 24.346.000 | 180 | \$ 23.688.000,00 |
| 1 | Carretillas | 22 | \$ 1.054.680 | 13 | \$ 22.963.260 | 450 | \$ 21.573.000,00 |
| 12 | Molde Cúbico | 10 | \$ 1.729.600 | 6 | \$ 17.641.920 | 90 | \$ 15.566.400,00 |
| 14 | Medida volumétrica | 9 | \$ 1.522.800 | 5 | \$ 16.920.000 | 90 | \$ 15.228.000,00 |
| 9 | Palas | 19 | \$ 642.960 | 11 | \$ 13.062.240 | 360 | \$ 12.182.400,00 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 53 | \$ 597.840 | 32 | \$ 12.656.160 | 1050 | \$ 11.844.000,00 |
| 3 | Pisón | 4 | \$ 1.955.125 | 2 | \$ 12.708.311 | 24 | \$ 11.730.748,80 |
| 17 | Cono reducido | 7 | \$ 592.200 | 4 | \$ 8.798.400 | 96 | \$ 8.121.600,00 |
| 6 | Balde | 66 | \$ 372.240 | 40 | \$ 6.796.200 | 1140 | \$ 6.429.600,00 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 2 | \$ 789.600 | 1 | \$ 5.527.200 | 15 | \$ 5.922.000,00 |
| 16 | Balanza | 7 | \$ 394.800 | 4 | \$ 6.260.400 | 105 | \$ 5.922.000,00 |
| 19 | Termómetro | 10 | \$ 263.200 | 6 | \$ 6.185.200 | 189 | \$ 4.974.480,00 |
| 5 | Poruñas | 35 | \$ 263.200 | 21 | \$ 5.136.160 | 618 | \$ 4.647.360,00 |
| 7 | Llana | 35 | \$ 230.300 | 21 | \$ 4.658.640 | 672 | \$ 4.421.760,00 |
| 10 | Placa | 9 | \$ 169.200 | 5 | \$ 2.876.400 | 144 | \$ 2.707.200,00 |
| | | | \$ 20.302.985 | | \$ 309.910.931 | | \$ 290.967.149 |

Anexo 4: Pronóstico para cada artículo año 2018 utilizando Crystal Ball

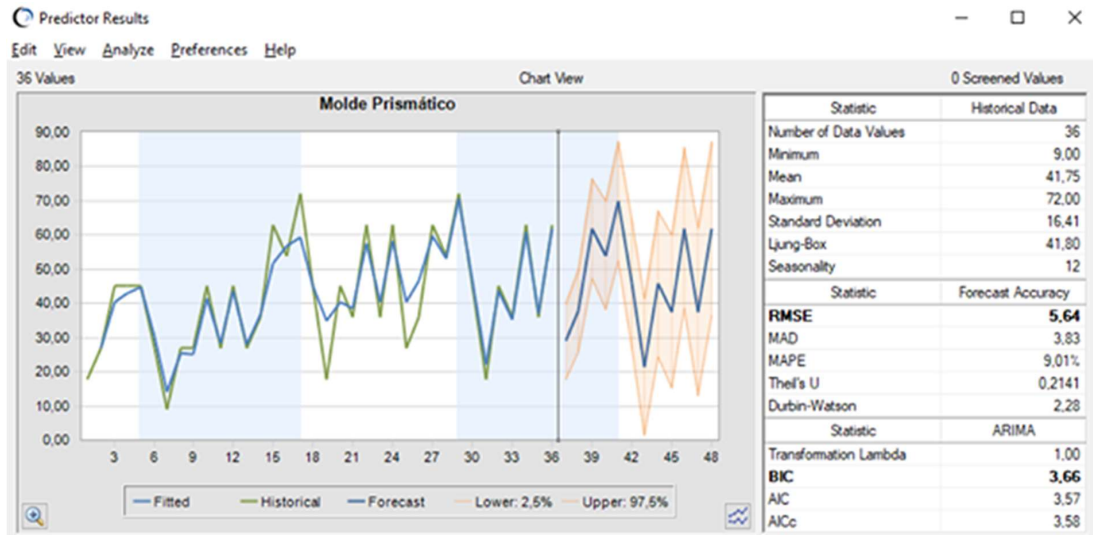
- Código 11: Molde Cilindrico



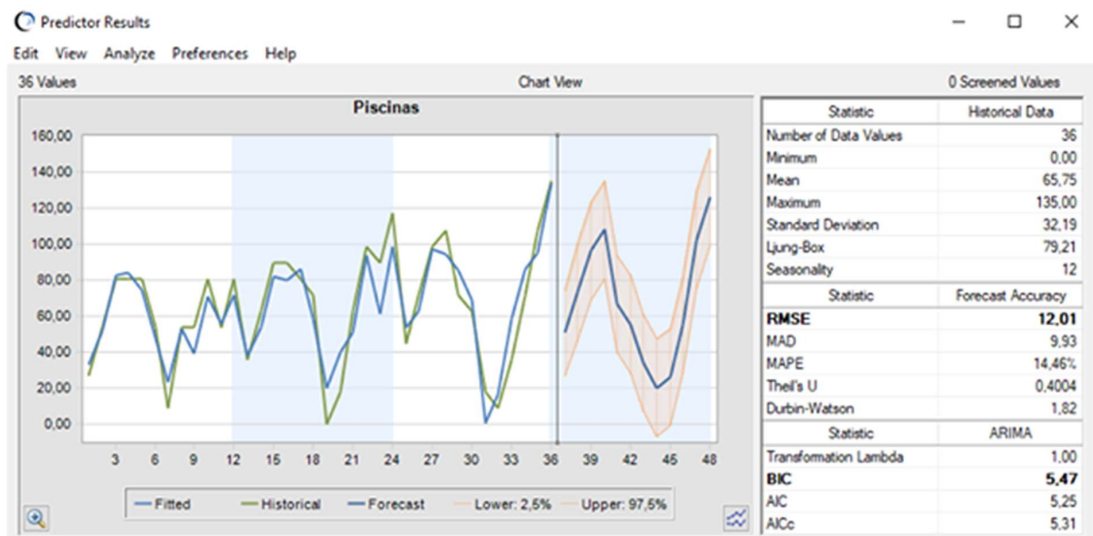
- Código15: Aerímetro



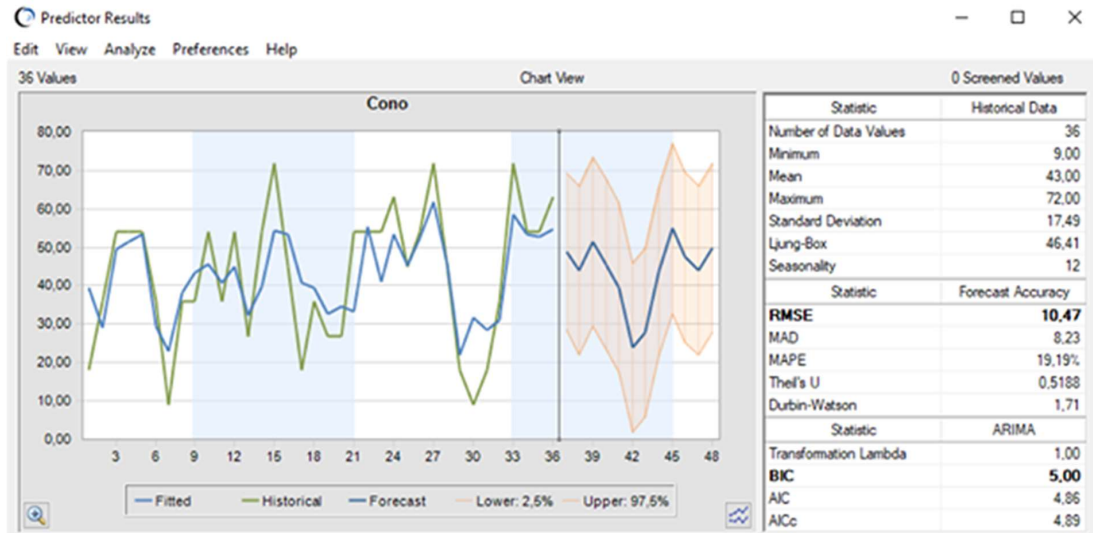
- Código 13: Molde Prismático



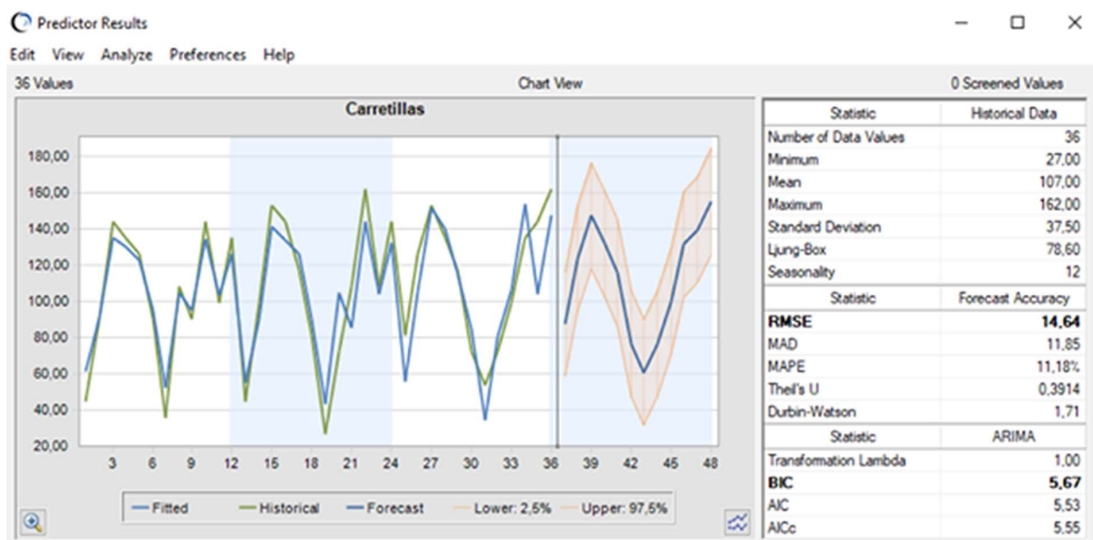
- Código 18: Piscinas



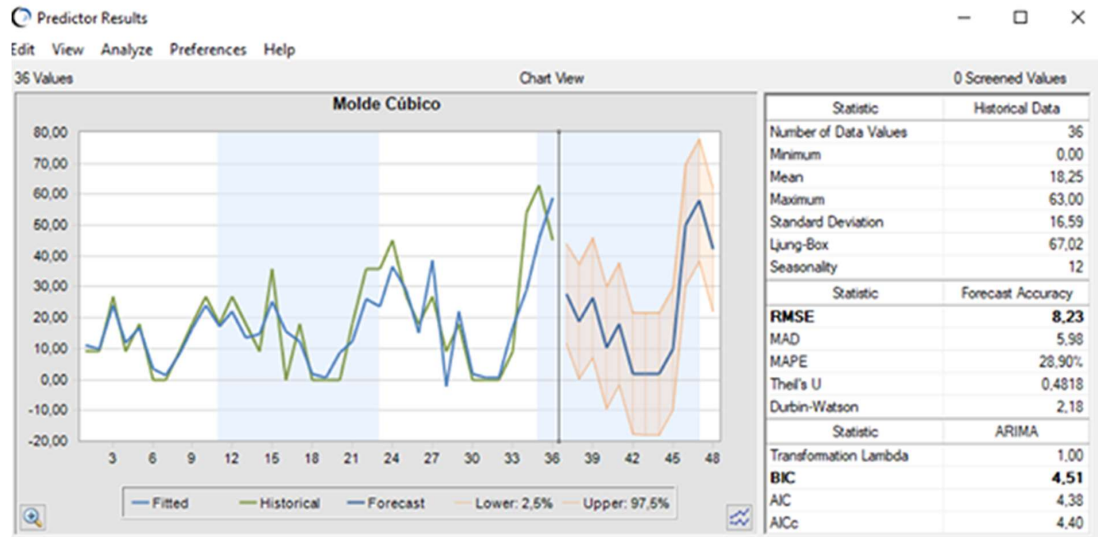
- Código 8: Cono



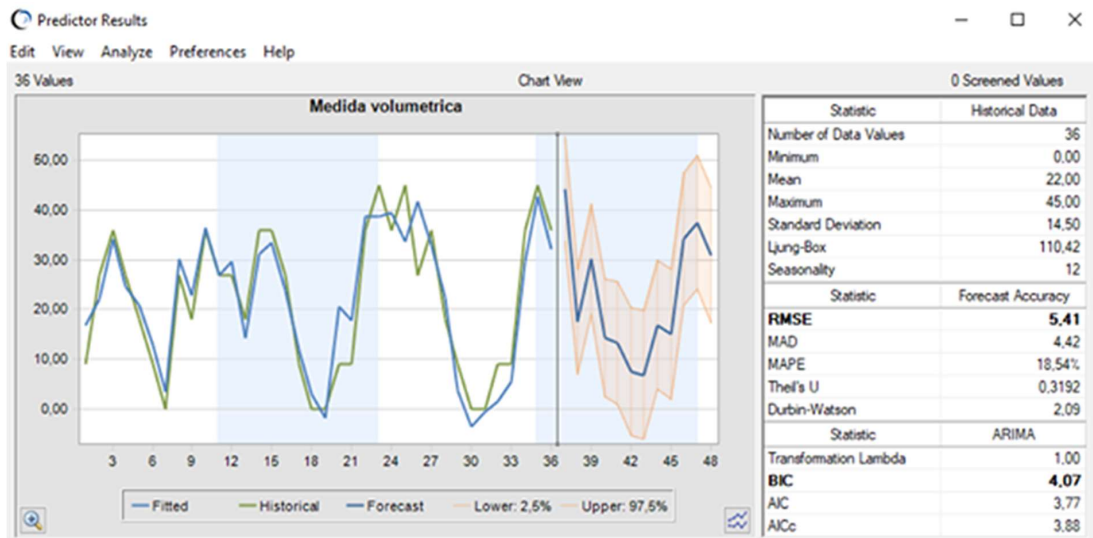
- Código 1: Carretillas



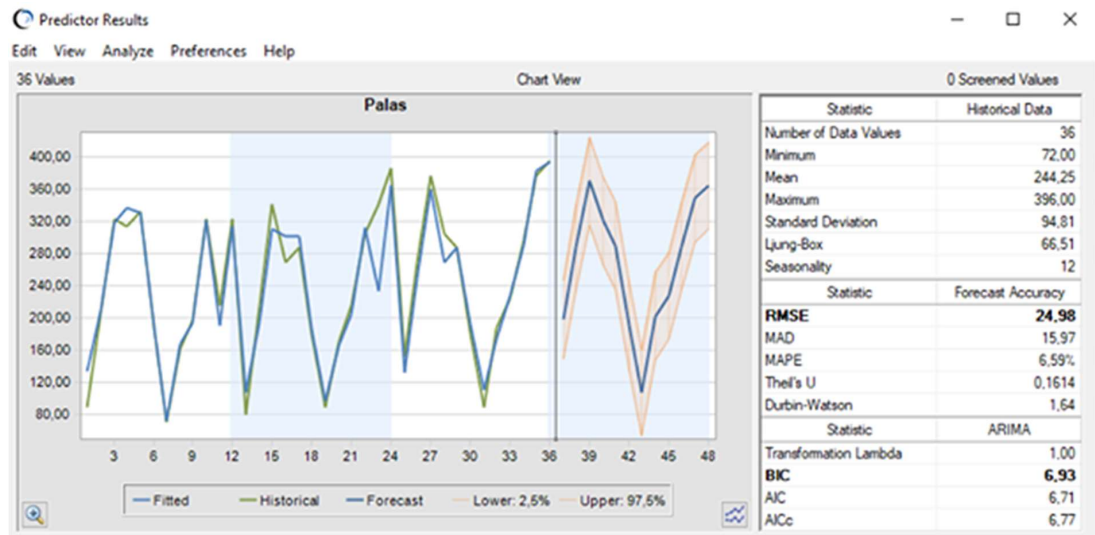
- Código 12: Molde Cúbico



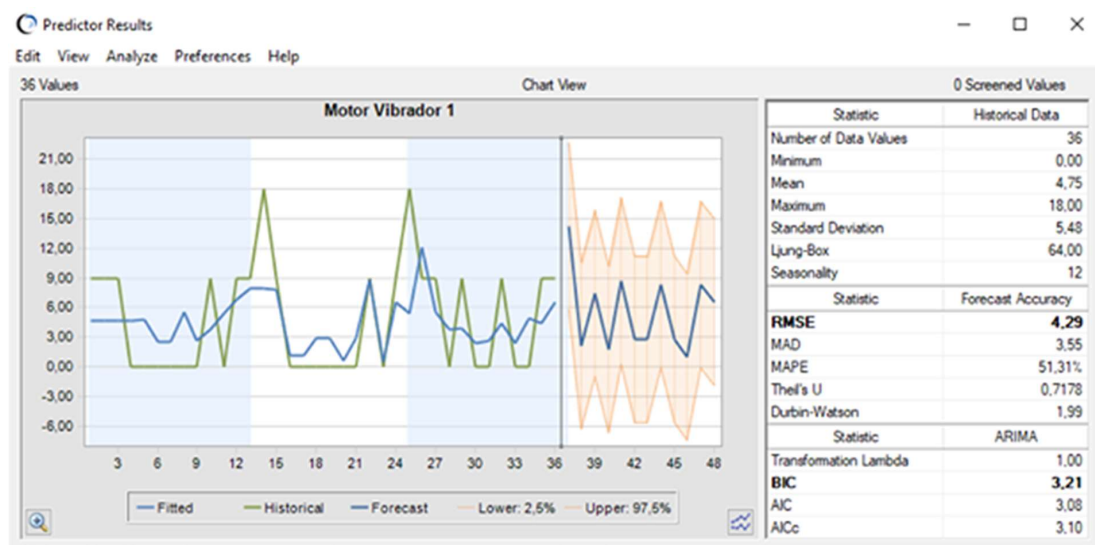
- Código 14: Medida Volumétrica



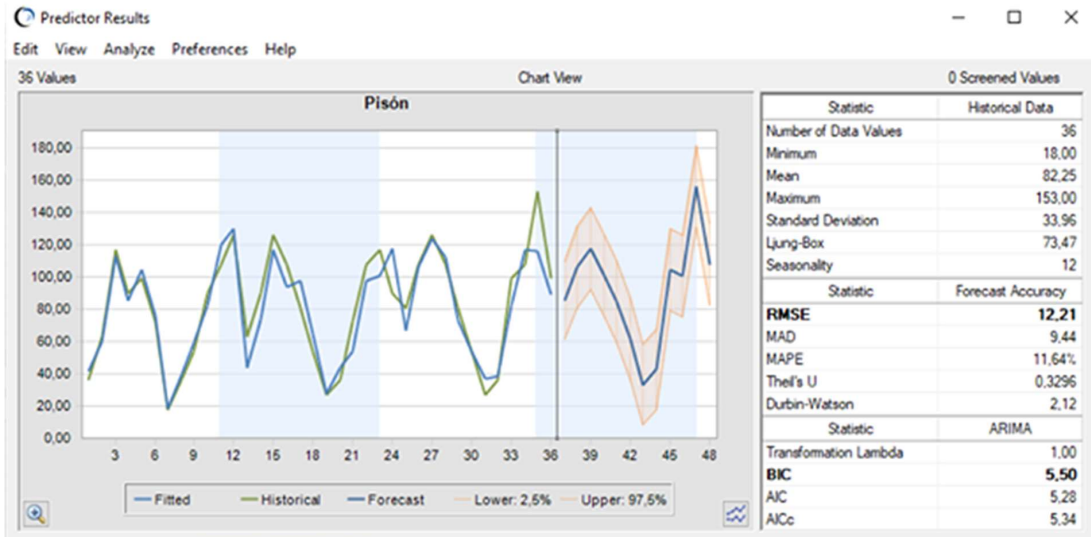
- Código 9: Palas



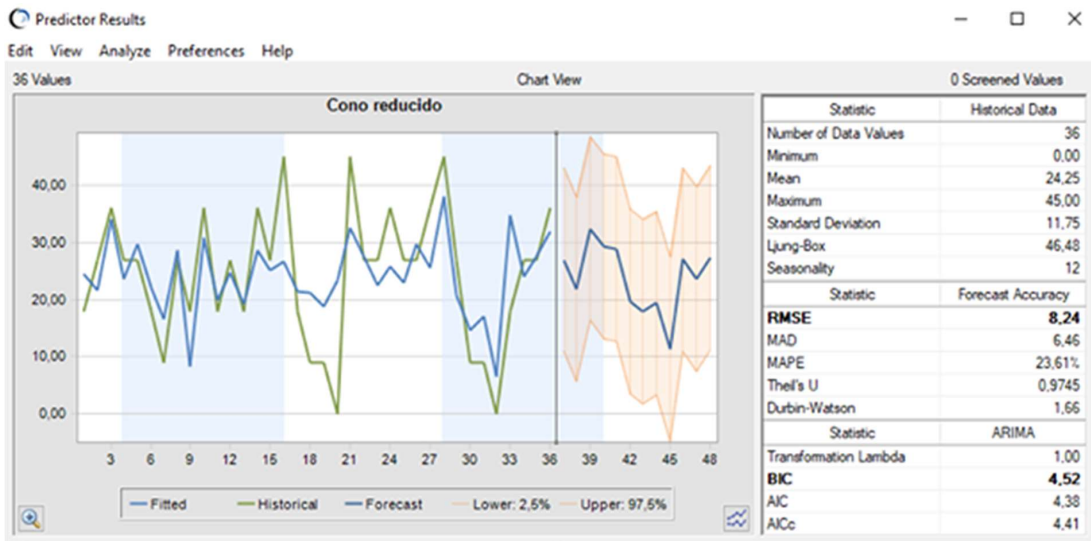
- Código 2: Motor Vibrador 1



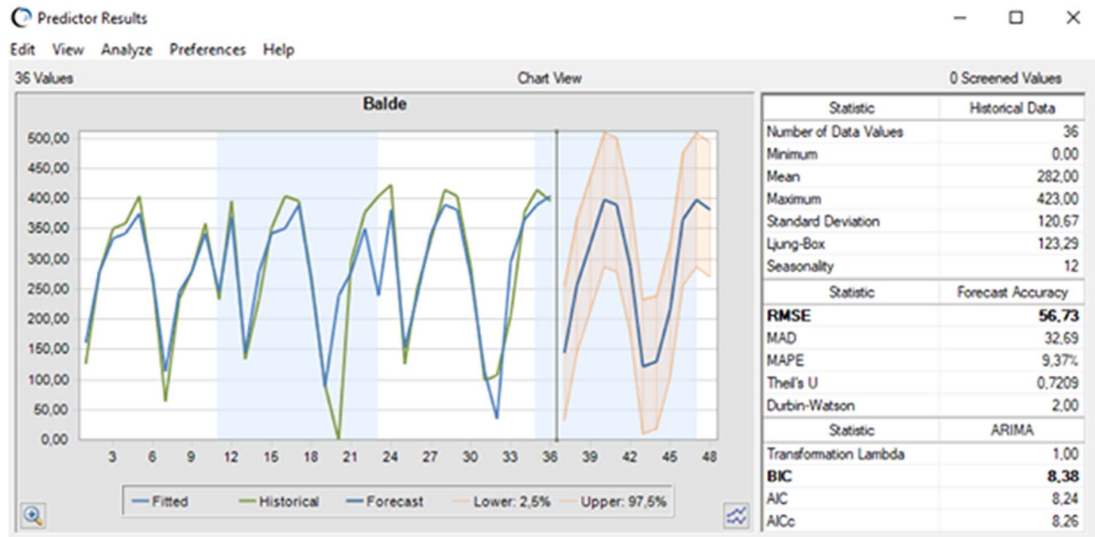
- Código 3: Pisón



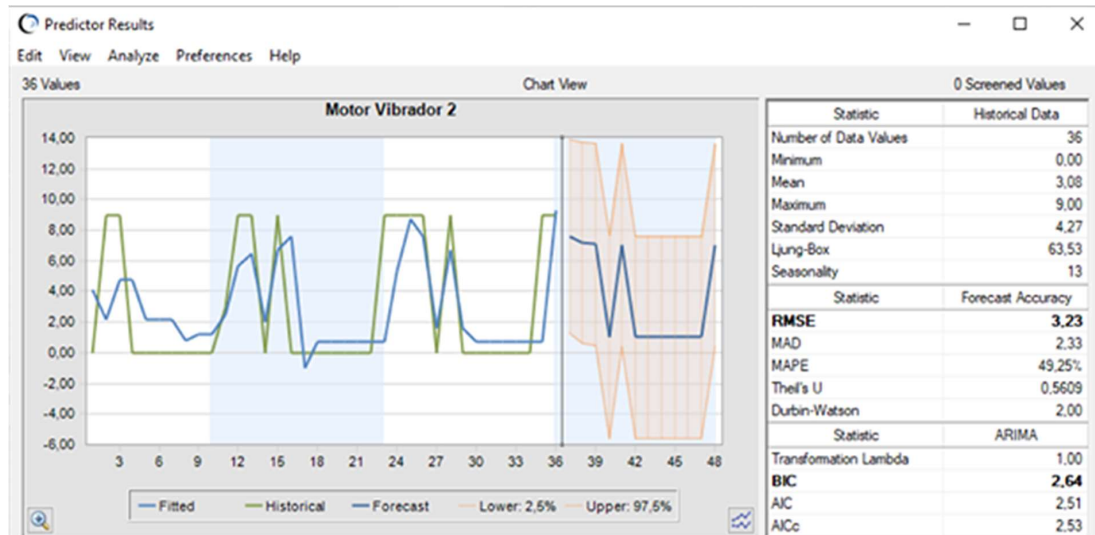
- Código 17: Cono Reducido



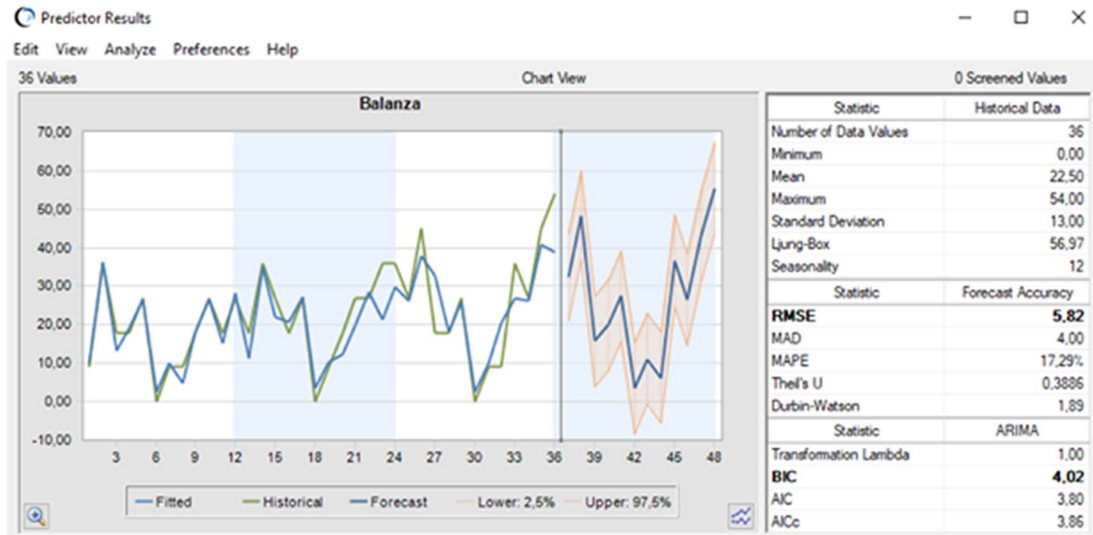
- Código 6: Balde



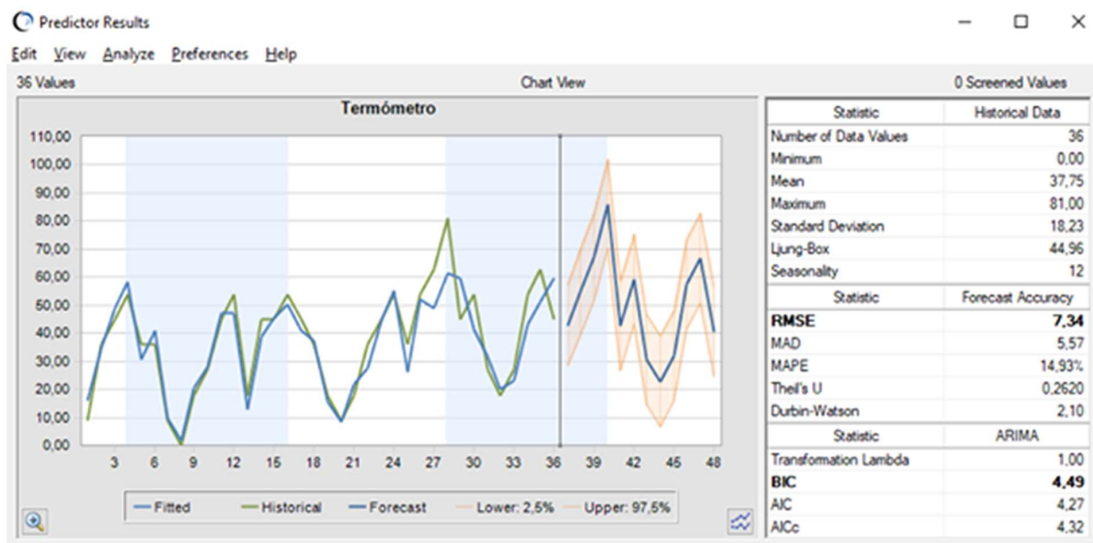
- Código 4: Motor vibrador 2



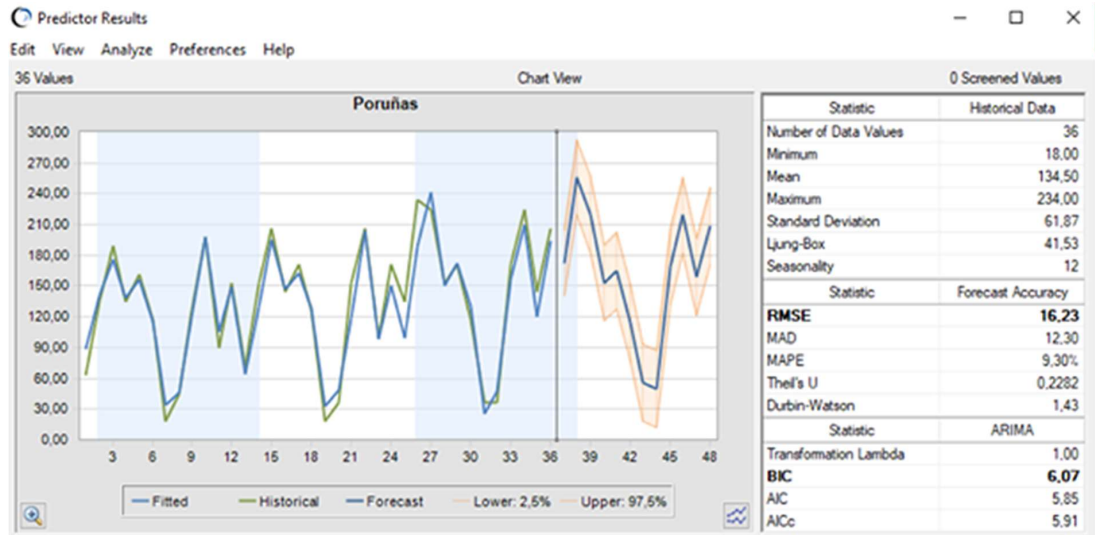
- Código 16: Balanza



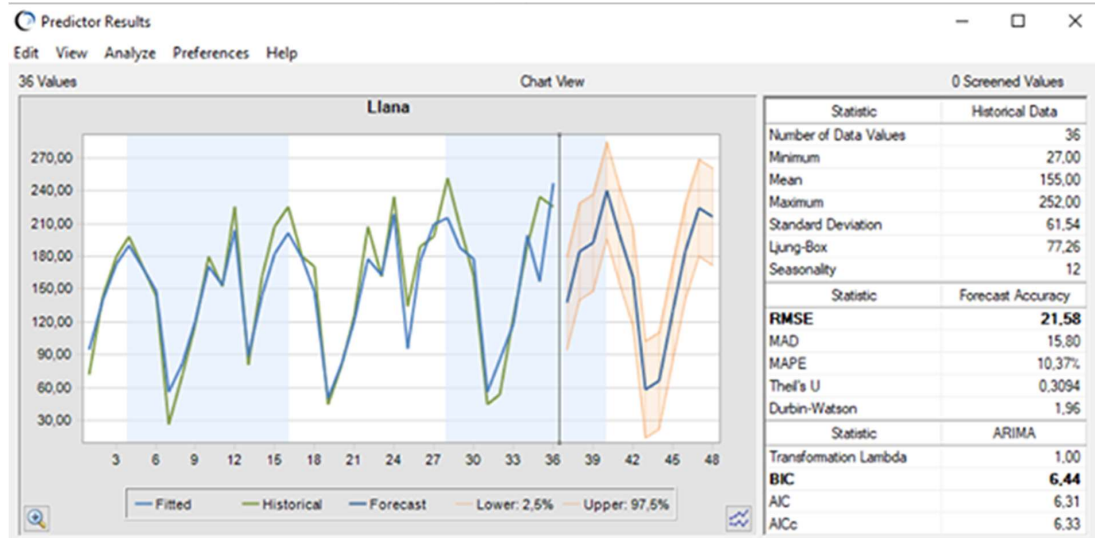
- Código 19: Termómetro



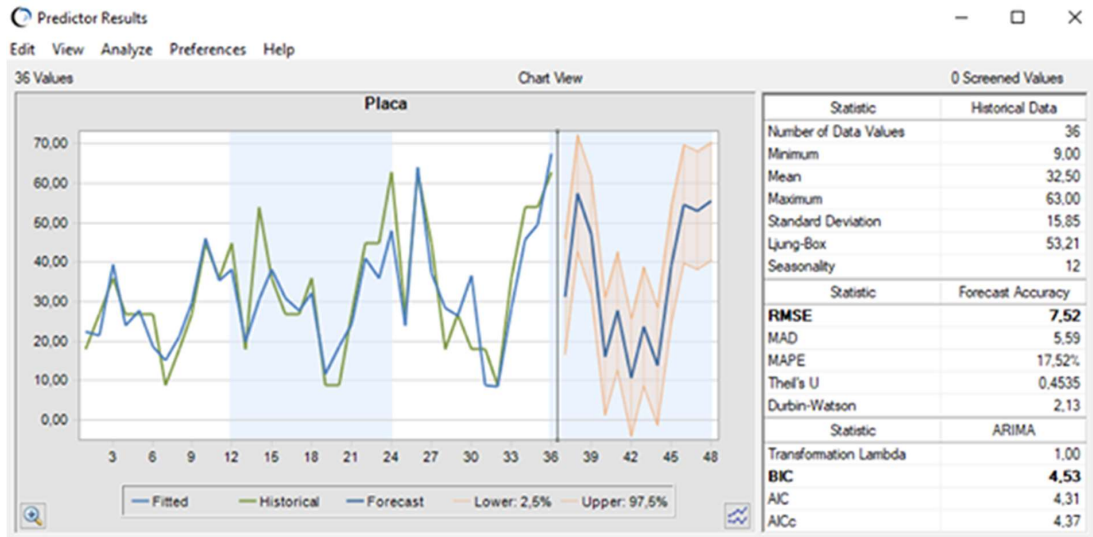
- Código 5: Poruñas



- Código 7: Llana




- Código 10: Placa



Anexo 5: Pronóstico año 2018

| Ítem | Descripción | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ag o | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-------|
| 11 | Molde Cilíndrico | 12 | 21 | 27 | 18 | 18 | 0 | 6 | 24 | 15 | 27 | 27 | 30 | 225 |
| 15 | Aerímetro | 6 | 9 | 12 | 9 | 9 | 3 | 0 | 6 | 9 | 12 | 12 | 15 | 102 |
| 13 | Molde Prismático | 9 | 12 | 21 | 18 | 24 | 15 | 6 | 15 | 12 | 21 | 12 | 21 | 186 |
| 18 | Piscinas | 15 | 24 | 33 | 36 | 24 | 21 | 6 | 3 | 12 | 24 | 36 | 45 | 279 |
| 8 | Cono | 15 | 18 | 24 | 15 | 6 | 3 | 6 | 12 | 24 | 18 | 18 | 21 | 180 |
| 1 | Carretillas | 27 | 42 | 51 | 45 | 39 | 24 | 18 | 24 | 33 | 45 | 48 | 54 | 450 |
| 12 | Molde Cúbico | 9 | 6 | 9 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 21 | 15 | 90 |
| 14 | Medida volumétrica | 15 | 9 | 12 | 6 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 12 | 15 | 12 | 90 |
| 9 | Palas | 27 | 36 | 42 | 36 | 27 | 18 | 9 | 12 | 33 | 36 | 51 | 33 | 360 |
| 2 | Motor Vibrador 1 | 51 | 90 | 126 | 102 | 96 | 60 | 30 | 63 | 75 | 99 | 126 | 132 | 1050 |
| 3 | Pisón | 6 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 24 |
| 17 | Cono reducido | 9 | 9 | 12 | 15 | 9 | 3 | 3 | 0 | 6 | 9 | 9 | 12 | 96 |
| 6 | Balde | 42 | 84 | 111 | 138 | 135 | 96 | 33 | 36 | 69 | 126 | 138 | 132 | 1140 |
| 4 | Motor Vibrador 2 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 15 |
| 16 | Balanza | 9 | 15 | 6 | 6 | 9 | 0 | 3 | 3 | 12 | 9 | 15 | 18 | 105 |
| 19 | Termómetro | 12 | 18 | 21 | 27 | 15 | 18 | 9 | 6 | 9 | 18 | 21 | 15 | 189 |
| 5 | Poruñas | 45 | 78 | 75 | 51 | 57 | 39 | 12 | 12 | 57 | 75 | 48 | 69 | 618 |
| 7 | Llana | 45 | 63 | 66 | 84 | 69 | 54 | 15 | 18 | 42 | 63 | 78 | 75 | 672 |
| 10 | Placa | 9 | 21 | 15 | 6 | 9 | 6 | 6 | 3 | 12 | 18 | 18 | 21 | 144 |

Anexo 6: Carta de Confidencialidad



**DECLARACIÓN UNILATERAL
DE CONFIDENCIALIDAD**

En la ciudad de Santiago, Chile, con fecha de mayo de 2018, quien suscribe, Alfonso Antonio Tapia Contreras, chileno, RUT 18.977.752-3, soltero, con domicilio en Puerto Williams 0444 en la comuna San Bernardo y Karina Nicole Jara Sanhueza, chilena, RUT 18.956.637-9, soltera, con domicilio en Av. Teniente Cruz 19 en la comuna Pudahuel, declaran:

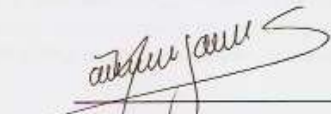
1. Que participan en el desarrollo del Proyecto de Título denominado "Propuesta de mejora para el control de inventario caso Departamento de estructuras y materiales", para ser ejecutado por la Facultad de una Universidad pública de Chile (en adelante, también, "la Universidad").
2. Que, debido a la participación en el Proyecto de Título, los alumnos recibirán de parte de la Universidad, antecedentes y/o conocimientos relacionados con la institución, en particular de carácter industrial, de investigación, financiero-contables, económicos, comerciales, de mercado, administrativos, legales y cualquier otro que el suscrito llegue a conocer, a cualquier título (en adelante, también, "Información Confidencial").
3. Que, quienes suscriben, se comprometen a tratar dicha información de manera estrictamente confidencial, tomando todas las medidas de seguridad y protección adecuadas que aseguren que no será conocida por terceros no autorizados. Estas medidas serán a lo menos equivalentes a las que la Universidad utiliza o utilizaría para proteger su propia Información Confidencial.
4. Que toda información financiera que se utilice deberá ser modificada mediante un factor que solamente pueda conocer el jefe del Departamento de la Universidad.
5. Si como consecuencia del actuar negligente de quienes suscriben, se divulga la Información Confidencial, éstos indemnizarán completamente a la Universidad por todos los daños, costos, reclamos, impuestos y gastos que provengan del incumplimiento de los deberes mencionados en los números anteriores, sin perjuicio de perseguir las demás responsabilidades penales, civiles y administrativas que puedan concurrir, haciéndose responsables expresamente de las infracciones que hayan sido resultado de la acción u omisión de cualquier persona bajo su tutela o responsabilidad.
6. Que, quienes suscriben, declaran someterse a las siguientes condiciones en el cumplimiento de los deberes ya mencionados:

- 6.1. Los deberes de confidencialidad expresados estarán vigentes hasta 2 años después de finalizado el Proyecto de Título.
- 6.2. Terminado el deber de confidencialidad, ya sea por el transcurso del plazo señalado o por voluntad de la Universidad, quienes suscriben se comprometen a restituir o destruir, tomando las medidas de seguridad necesarias, toda la Información Confidencial en su posesión, incluyendo todas las copias físicas y las reproducciones electrónicas de la misma.

Para constancia firma, en Santiago en Junio de 2018.



Alfonso Tapia Contreras
18.977.752-3



Karina Jara Sanhueza
18.956.637-9



José Irrazabal
Jefe de carrera Ingeniería Civil Industrial
Universidad de Valparaíso

